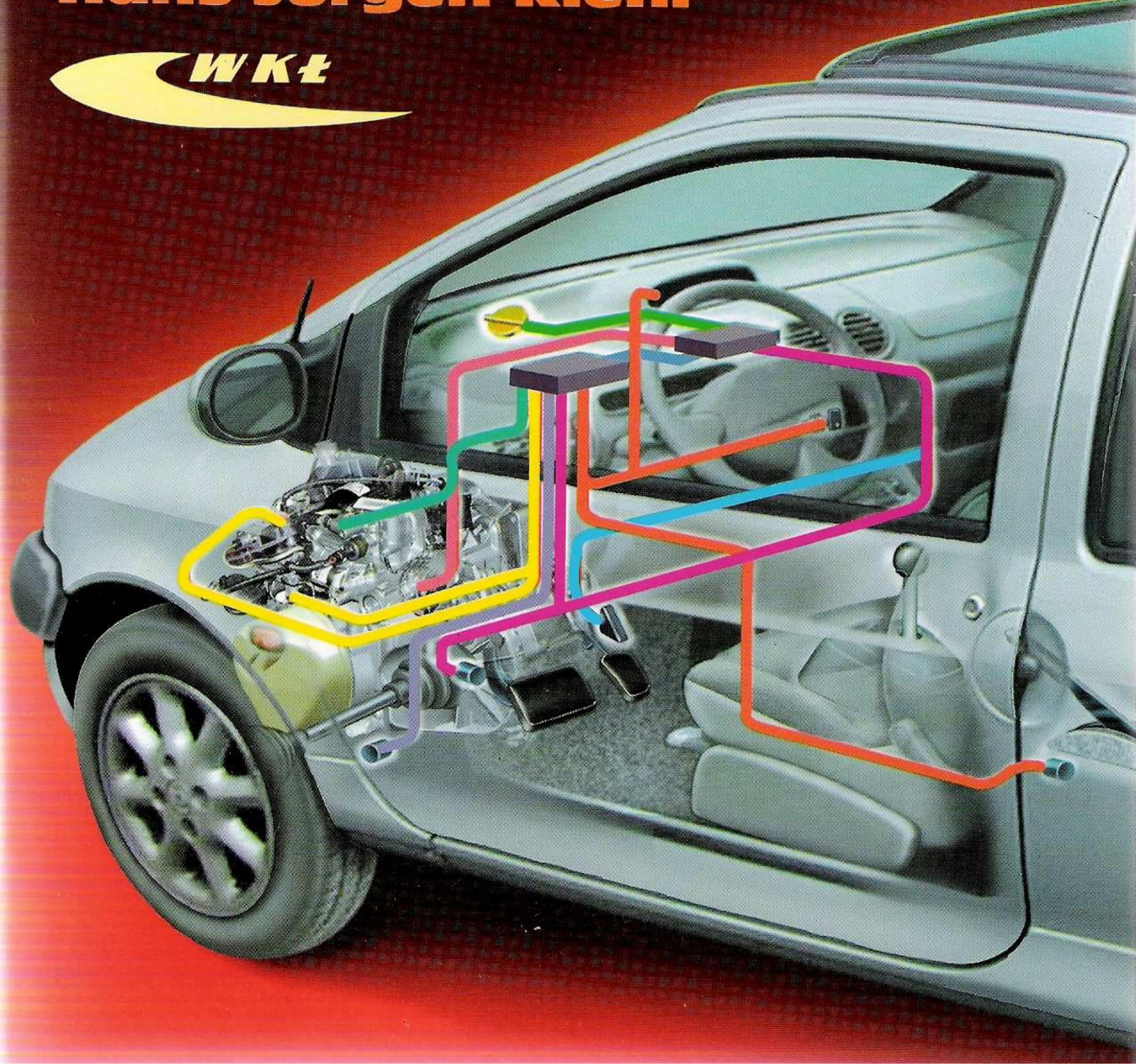
Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych

Anton Herner
Hans-Jürgen Riehl

WKŁ



Spis treści

Słowo wstępne

Niezwykle szybki rozwój elektroniki i mikroelektroniki doprowadził w ostatnich latach do znacznego zwiększenia liczby elementów elektronicznych w samochodach. W powiązaniu z hydrauliką i pneumatyką, elektronika opanowuje cały samochód. Pojedyncze elementy i całe układy elektroniczne są coraz bardziej zwarte, tańsze i jednocześnie coraz wydajniejsze. Zwiększa to możliwości zastosowań elektroniki w pojazdach samochodowych, a już istniejące zastosowania mogą być stale rozszerzane.

Taki kierunek rozwoju ma, naturalnie, także ogromny wpływ na zakłady obsługi technicznej samochodów. Będzie się zmniejszać zakres prac rutynowych a konieczne do ich wykonania umiejętności stracą na znaczeniu. Coraz ważniejsze będzie zdobywanie koniecznych informacji za pomocą elektronicznych mediów, rozumienie funkcji złożonych systemów i wreszcie umiejętność postawienia właściwej diagnozy na podstawie wyników licznych pomiarów i czynności kontrolnych. W tym zakresie musi jeszcze nastąpić dalsza istotna zmiana: od znajomości pojedynczych układów do myślenia kompleksowego i rozumienia powiązań między układami. Naturalnie, tak jak dotychczas, konieczna jest znajomość funkcji i szczegółów poszczególnych układów. Jednak równocześnie należy znać i rozumieć zależności i powiązania z pozostałymi układami. W tej książce zajęto się podstawami elektrotechniki i elektroniki samochodowej, techniką cyfrową i rozwiązaniami w zakresie sterowania i regulacji. Tam, gdzie to było możliwe wyjaśnienia oparto na praktycznych przykładach. Znajomość podstaw jest niezbędnym warunkiem do zrozumienia układów elektronicznych, omówionych w dalszych rozdziałach książki. Układy te opisano szczegółowo w zakresie ich budowy, funkcji i możliwości ich sprawdzania i kontroli. Spróbowano pokazać jak najwięcej rozwiązań różnych producentów. W praktyce najważniejsza jest jednak umiejętność rozpoznania i wzięcia pod uwagę różnorodnych szczegółów na podstawie dokumentacji odpowiedniego producenta. Dotyczy to także współdziałania różnych układów, tzn. wymiany danych pomiędzy nimi i ich powiązań poprzez magistrale danych, o czym także będzie tutaj mowa.

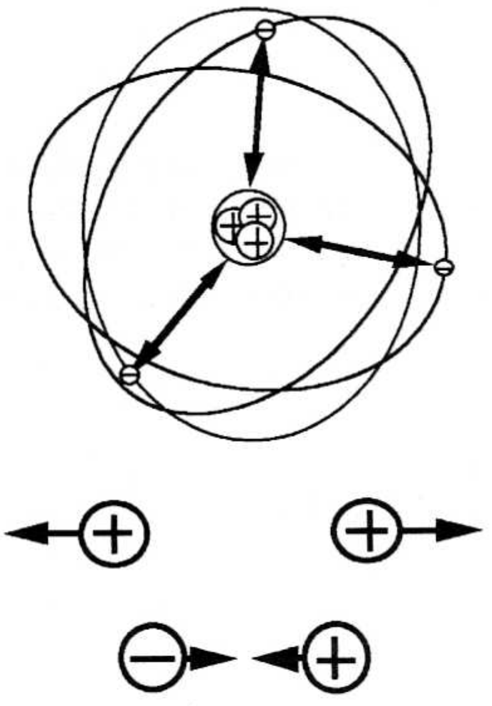
Wyrażamy naszą wdzięczność wszystkim producentom, którzy udostępnili nam liczną dokumentację i rysunki. Bez ich pomocy byłoby zupełnie niemożliwe opisanie całego tematu od podstaw do systemów i ich wzajemnych powiązań.

Mettmann — *Hans-Jürgen Riehl*
Saaldorf — *Anton Herner*

1. Podstawowe pojęcia z elektryczności

1.1. Budowa atomu

Istotę elektryczności można wyjaśnić na podstawie budowy atomu. Atom to elementarna cząstka materii. Składa się z jądra i krążącej wokół niego określonej liczby elektronów. Jądro atomowe zawiera dodatnio naładowane protony i elektrycznie obojętne neutrony, dlatego jądro ma dodatni ładunek elektryczny. Elektrony są naładowane ujemnie (rys. 1.1).



Rys. 1.1
Siły oddziaływania elektrycznie naładowanych cząstek

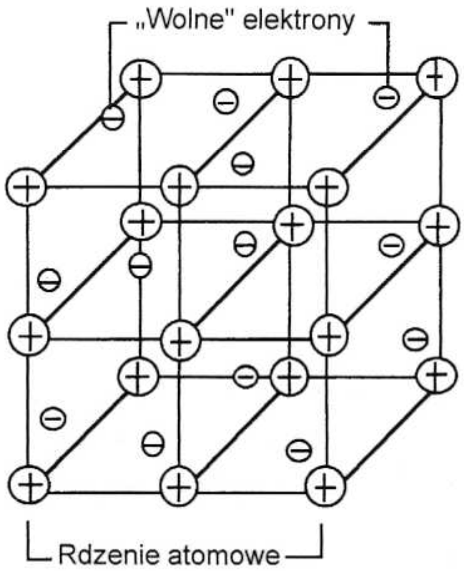
Cząstki z ładunkami elektrycznymi oddziałują wzajemnie na siebie.

Jednoimienne ładunki się odpychają, a różnoimienne się przyciągają.

W atomie jądro ma dokładnie tyle ładunków dodatnich (protonów), ile elektronów krąży wokół niego. Zatem kompletny atom jest elektrycznie obojętny.

Kiedy ta równowaga zostaje zakłócona, wtedy ładunki elektryczne oddziałują na zewnątrz. Atomy poszczególnych pierwiastków różnią się liczbą nośników ładunków elektrycznych. Najlżejszy z atomów, atom wodoru ma zaledwie jeden ładunek dodatni w jądrze i jeden elektron. W atomie miedzi jest 29 ładunków dodat-

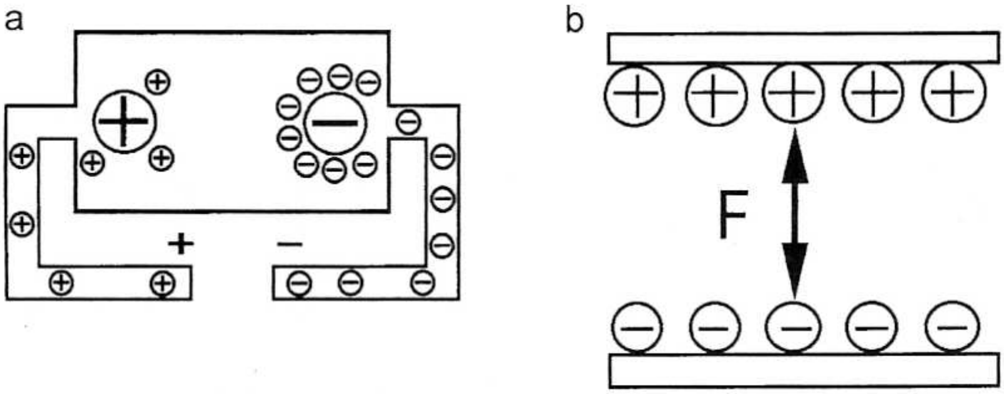
nich w jądrze i 29 elektronów, które krążą w różnych odległościach wokół jądra. Na elektrony na zewnętrznej orbicie, najbardziej oddalone od jądra, działa mniejsza siła przyciągania niż na elektrony na orbicie wewnętrznej. To mniejsze związanie elektronów zewnętrznych wyjaśnia w dużym stopniu istotę elektryczności. Metalowy przewodnik składa się ze sztywno ze sobą powiązanych atomów, przy czym elektrony zewnętrzne nie krążą wokół jądra, lecz jako „swobodne" elektrony biegają wokół metalowej sieci krystalicznej (rys. 1.2).



Rys. 1.2
Budowa przewodnika metalowego

1.2. Napięcie

Źródło napięcia charakteryzuje się tym, że na jego biegunach znajdują się różnoimienne ładunki. Na biegunie ujemnym jest przewaga elektronów, na biegunie dodatnim występuje deficyt elektronów (rys. 1.3a). Napięcie elektryczne powstaje poprzez rozdzielenie ładunków. Różnoimienne ładunki mają tendencję do osiągania równowagi (rys. 1.3b).



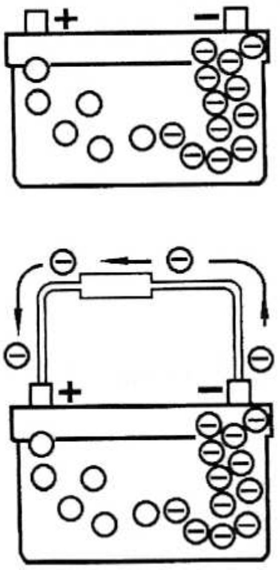
Rys. 1.3

Napięcie elektryczne jest miarą dążenia do wyrównania ładunków.

Wielkość fizyczna: napięcie
Oznaczenie: *U*
Jednostka: wolt
Oznaczenie: *V*

1.3. Prąd

Jeżeli obwód prądu znajdujący się pod napięciem zostanie zamknięty, elektrony przemieszczają się w przewodniku od bieguna ujemnego do bieguna dodatniego (rys. 1.4).



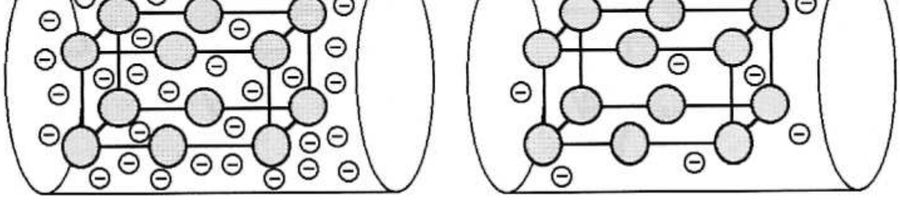
Rys. 1.4

Prąd płynie tylko w zamkniętym obwodzie dzięki ruchowi elektronów od bieguna ujemnego do dodatniego (fizyczny kierunek przepływu prądu). Jako umowny kierunek przepływu prądu przyjmuje się jednak, że prąd płynie w kierunku odwrotnym – od plusa do minusa (umowny kierunek przepływu prądu).

Wielkość fizyczna: natężenie prądu
Oznaczenie: *I*
Jednostka: amper
Oznaczenie: *A*

1.4. Rezystancja

Materiały z wieloma „swobodnymi" elektronami są dobrymi przewodnikami. Stwarzają one elektronom niewielki opór na ich drodze. Materiały z niewielką ilością „swobodnych" elektronów są złymi przewodnikami. Stwarzają one elektronom znaczne opory (rys. 1.5).



Rys. 1.5
a) materiał o małej rezystancji (dużo wolnych elektronów, dobry przewodnik)
b) materiał o dużej rezystancji (mało wolnych elektronów, zły przewodnik)

Rezystancja elektryczna jest miarą utrudnienia wędrówki elektronów przez budowę sieciową przewodnika. Każdy przewodnik, a także każdy odbiornik, stanowi dla prądu rezystancję. Dzięki użyciu materiałów dobrze przewodzących prąd rezystancję przewodów doprowadzających można utrzymać na małym poziomie.

Wielkość fizyczna: rezystancja
Oznaczenie: *R*
Jednostka: om
Oznaczenie: Ω

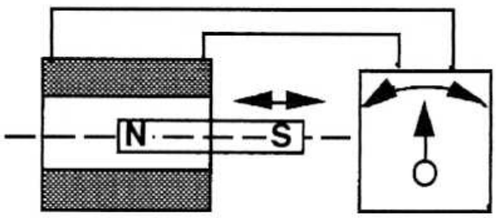
1.5. Możliwości wytworzenia napięcia

Zmiana pola magnetycznego wytwarza w przewodniku napięcie. Zjawisko takie nazywamy **indukcją magnetyczną** (rys. 1.6).

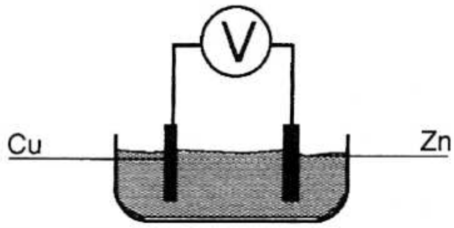
Przykłady
Prądnica, indukcyjny czujnik położenia wału korbowego, cewka zapłonowa.

Zanurzenie dwóch różnych metali w elektrolicie (rys. 1.7) powoduje powstanie napięcia dzięki reakcji chemicznej.

Przykłady
Akumulator ołowiowy, bateria.



Rys. 1.6



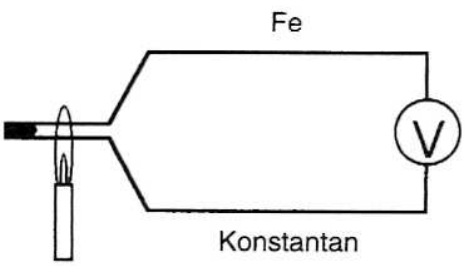
Rys. 1.7

Podgrzanie miejsca styku dwóch różnych metali (rys. 1.8) wywołuje napięcie termiczne.

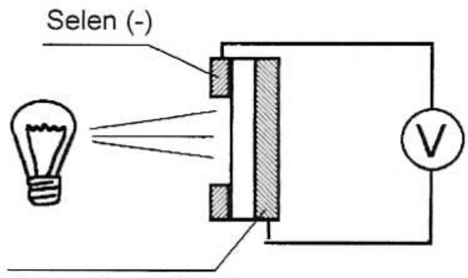
Przykład
Czujnik temperatury oleju.

Światło padające na ogniwo selenowe (rys. 1.9) powoduje powstanie napięcia fotoelektrycznego.

Przykład
Źródło napięcia w kalkulatorze kieszonkowym.



Rys. 1.8



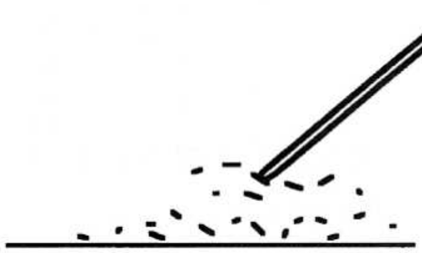
Rys. 1.9

Potarcie materiałów izolacyjnych (tworzywo sztuczne, szkło) futrem albo skórą powoduje powstanie ładunku elektrostatycznego (rys. 1.10).

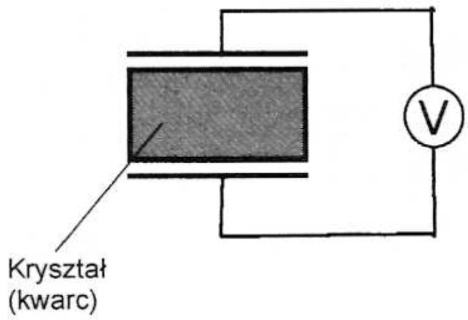
Przykłady
Dywan, grzebień.

Różne kryształy poddane ściskaniu lub rozciąganiu wytwarzają napięcie piezoelektryczne (rys. 1.11).

Przykłady
Czujnik spalania stukowego, czujnik ciśnienia w kolektorze dolotowym.



Rys. 1.10



Rys. 1.11

1.6. Skutki oddziaływania prądu elektrycznego

Efekt cieplny

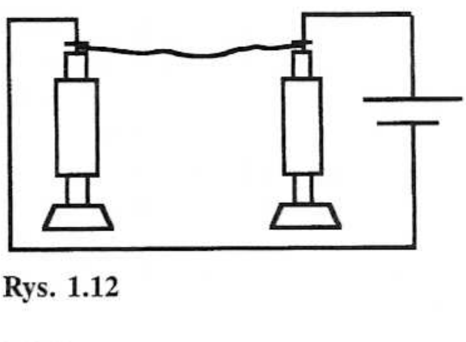
Na skutek tarcia elektronów w przewodniku wytwarza się ciepło (rys. 1.12).

Przykłady
Ogrzewana szyba, podgrzewacz w kolektorze dolotowym, zapalniczka.

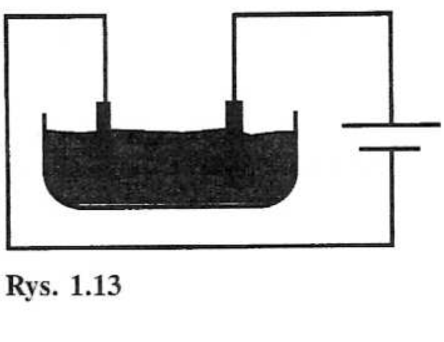
Efekt chemiczny

Prąd przepływający przez ciecz przewodzącą elektryczność (elektrolit) powoduje jej rozkład (rys. 1.13).

Przykłady
Chromowanie, miedziowanie, pozyskiwanie aluminium.



Rys. 1.12



Rys. 1.13

Efekt magnetyczny

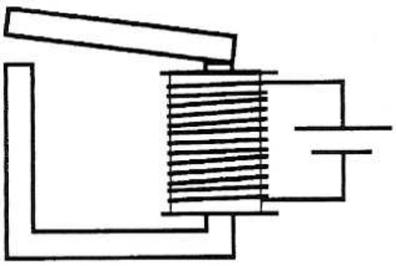
Każdy przewodnik, przez który płynie prąd, jest otoczony polem magnetycznym (rys. 1.14).

Przykłady
Przekaźnik, magnes, silnik elektryczny.

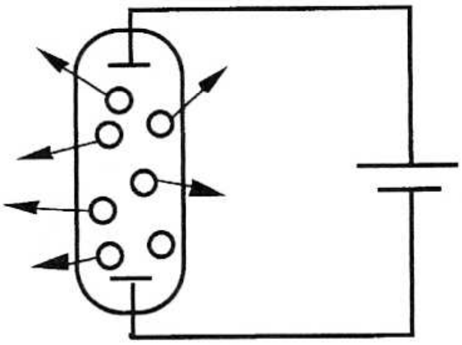
Efekt optyczny

Elektrony bombardujące cząsteczki gazu powodują ich świecenie (rys. 1.15).

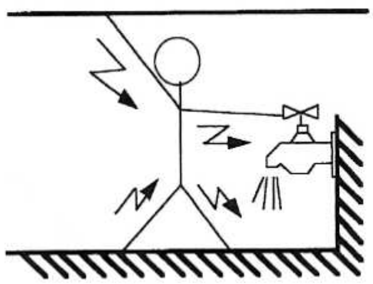
Przykłady
Iskra na świecy zapłonowej, lampa neonowa.



Rys. 1.14



Rys. 1.15



Rys. 1.16

Efekt fizjologiczny

Prąd przepływający przez żywy organizm powoduje podrażnienie jego mięśni i nerwów (rys. 1.16).

Przykłady
Elektroniczne układy zapłonowe, ludzie z rozrusznikiem serca.

1.7. Przepisy bezpieczeństwa

1.7.1. Oddziaływanie prądu elektrycznego na człowieka

Tablica 1.1.

Natężenie prądu		Fizjologiczne reakcje człowieka	
Prąd przemienny	Prąd stały	Objawy widoczne	Objawy kliniczne
Do 25 mA	Do 80 mA	Reakcje mięśni palców, przerwanie kontaktu z prądem możliwe jeszcze przy 9 do 15 mA	Przejściowy wzrost ciśnienia krwi bez wpływu na rytm serca i układ nerwowy
25 do 80 mA	80 do 300 mA	Natężenie prądu jeszcze możliwe do zniesienia, bez utraty przytomności	Chwilowe zatrzymanie akcji serca, chwilowy wzrost ciśnienia krwi
Ponad 80 mA	Ponad 300 mA	Zatrzymanie pracy serca i oddychania, śmierć jeśli działanie prądu jest dłuższe niż 0,3 s	Migotanie komór serca
Ponad 3 mA (przy wysokim napięciu)		Poparzenia, odwodnienia	

W obwodzie elektrycznym obejmującym ciało człowieka natężenie prądu jest określone przez napięcie, rezystancję ciała i rezystancję połączeń. Istnienie rezystancji połączeń jest kwestią przypadku i nie można na to liczyć. Napięcie przemienne powyżej 50 V jest dla człowieka niebezpieczne. Napięcie przemienne 220 V powoduje przepływ prądu zabójczy dla człowieka. Krótkie spięcia nawet przy napięciu poniżej 50 V mogą mieć bardzo ciężkie następstwa.

1.7.2. Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem

Przy porażeniu prądem elektrycznym o przeżyciu decyduje natychmiastowe udzielenie pomocy.

Najważniejsze, to natychmiastowe wyłączenie prądu. Jeżeli to możliwe, należy natychmiast odłączyć porażonego od elementów pozostających pod napięciem. Nie można go przy tym bezpośrednio dotykać. Następnie, przy braku oznak życia, zastosować sztuczne oddychanie. Po pierwszej próbie zbadać akcję serca i układu krążenia, sprawdzając poprzez dotyk puls na tętnicy szyjnej. W razie ustania akcji serca natychmiast zastosować masaż serca na przemian ze sztucznym oddychaniem. Nie zaprzestając reanimacji, wezwać przy pomocy osób trzecich pogotowie ratunkowe.

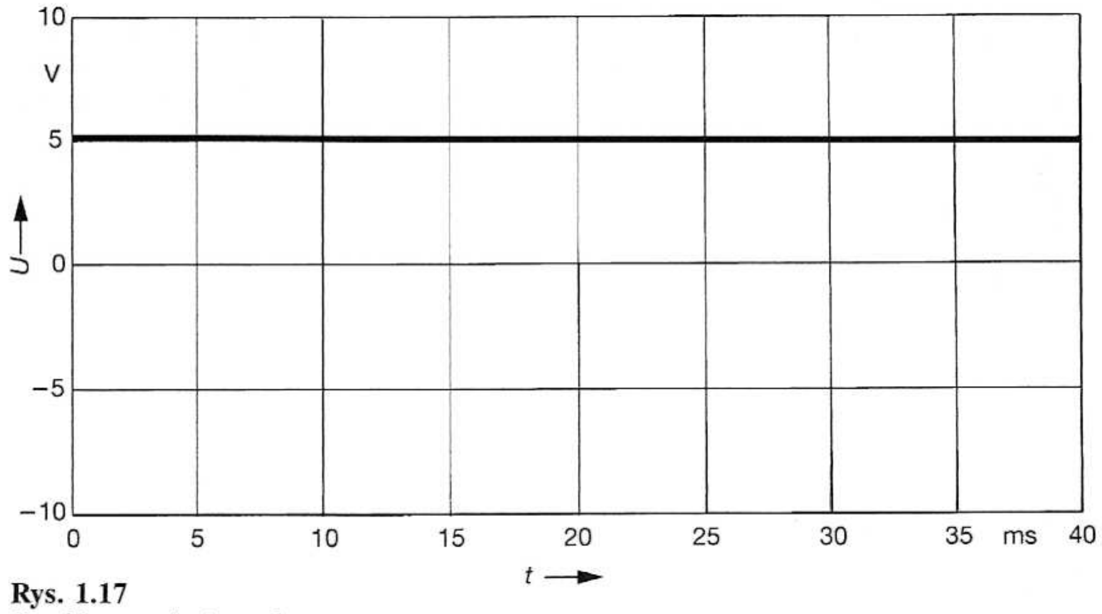
1.8. Rodzaje napięcia

Ruch elektronów może być różny co do wielkości i kierunku. Stąd też są odmienne rodzaje napięcia.

Napięcie stałe

Elektrony płyną zawsze z tym samym natężeniem w jednym kierunku (rys. 1.17)

Oznaczenie
– lub DC (**D**irect **C**urrent)

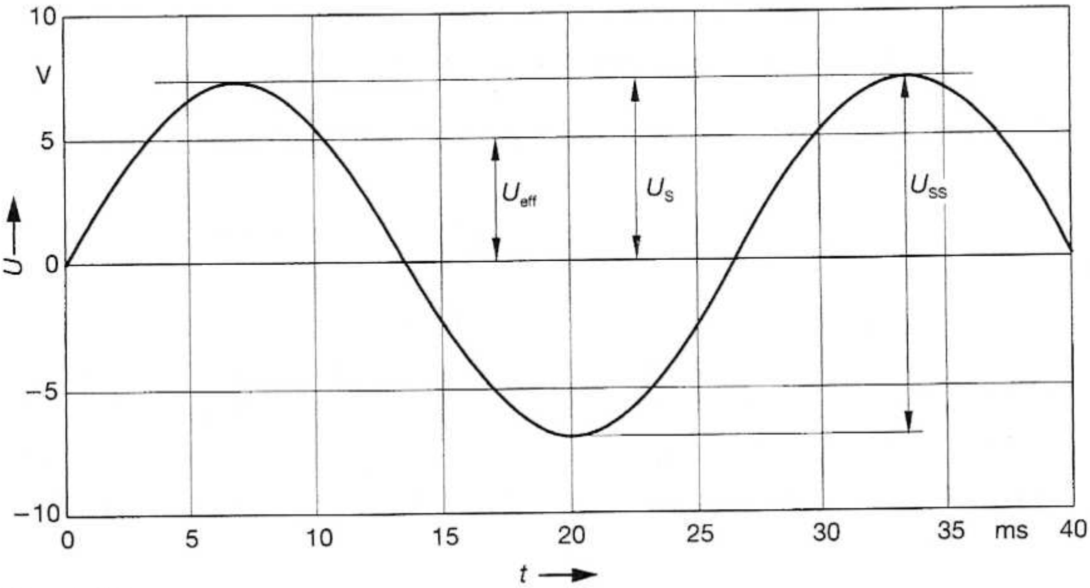


Rys. 1.17
Przebieg napięcia stałego

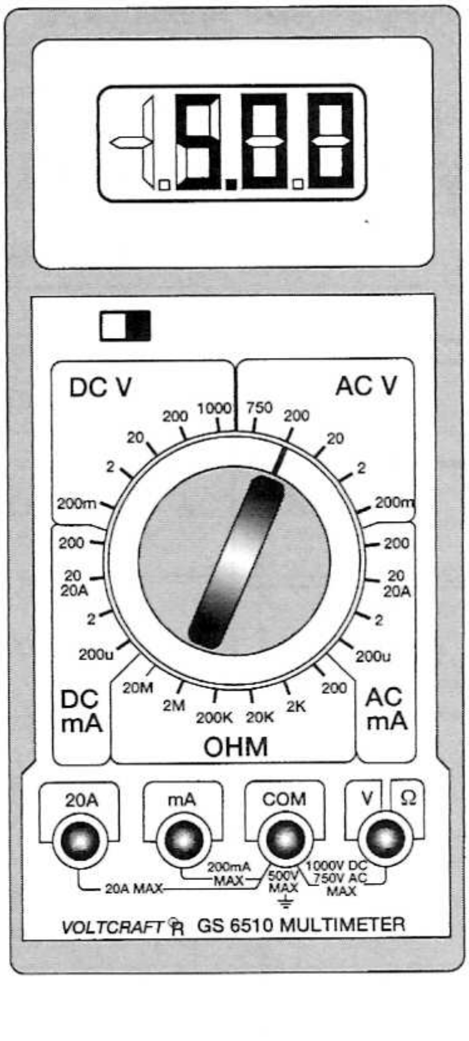
Napięcie przemienne

Elektrony wielokrotnie zmieniają kierunek i natężenie przepływu w czasie (rysunek 1.18).

Oznaczenie
~ lub AC (Alternating Current)



Rys. 1.18
Przebieg napięcia przemiennego



Wielkości charakterystyczne sinusoidalnego prądu przemiennego:

U_s Napięcie maksymalne
U_{ss} Amplituda napięcia
U_{eff} Napięcie skuteczne
$U_{ss} = 2 \times U_s$
$U_{eff} = 0,707 \times U_s$

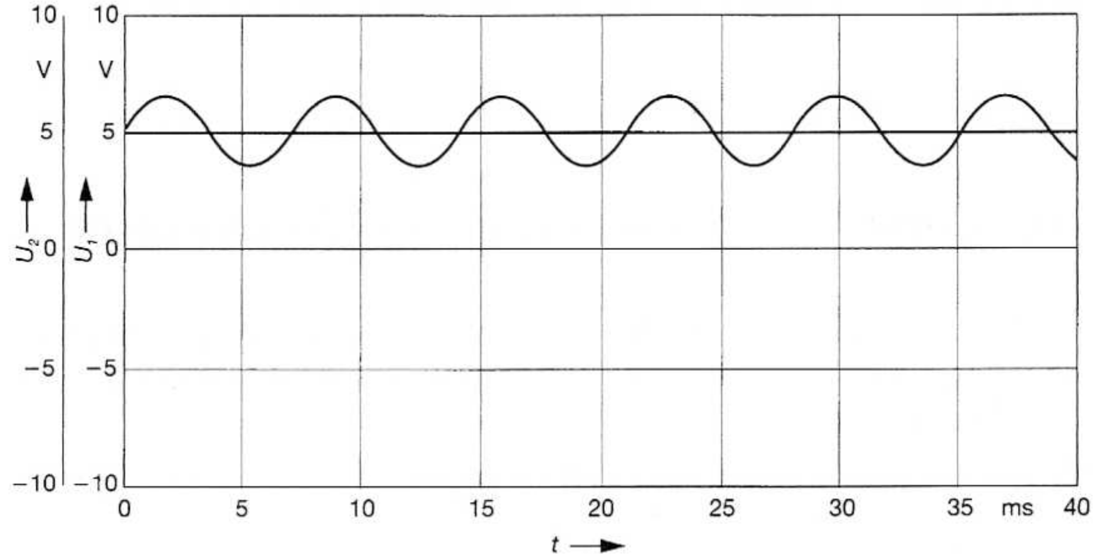
Przykład
Przedstawione na rysunku 1.18 napięcie przemienne o wartości maksymalnej $U_s \approx 7$ V wykaże na mierniku wielofunkcyjnym (ustawionym na zakres pomiarowy prądu przemiennego) wartość 5 V (rys. 1.19).

Rys. 1.19
Wyświetlacz miernika uniwersalnego (multimetru)

Napięcie mieszane

Poprzez nałożenie na siebie (zmieszanie) napięcia stałego i przemiennego może powstać napięcie mieszane. Zmienia się wtedy tylko wartość napięcia, kierunek pozostaje bez mian (rys. 1.20).

Oznaczenie
⎓ lub DC



Rys. 1.20
Przebieg napięcia mieszanego

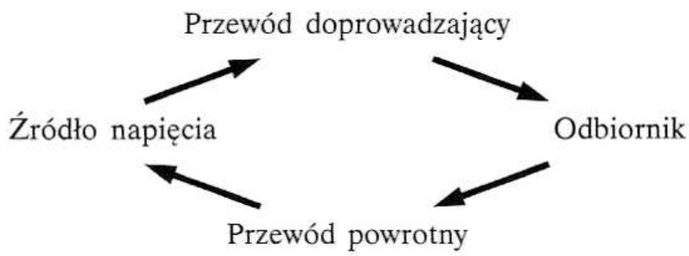
2. Schematy połączeń elektrycznych

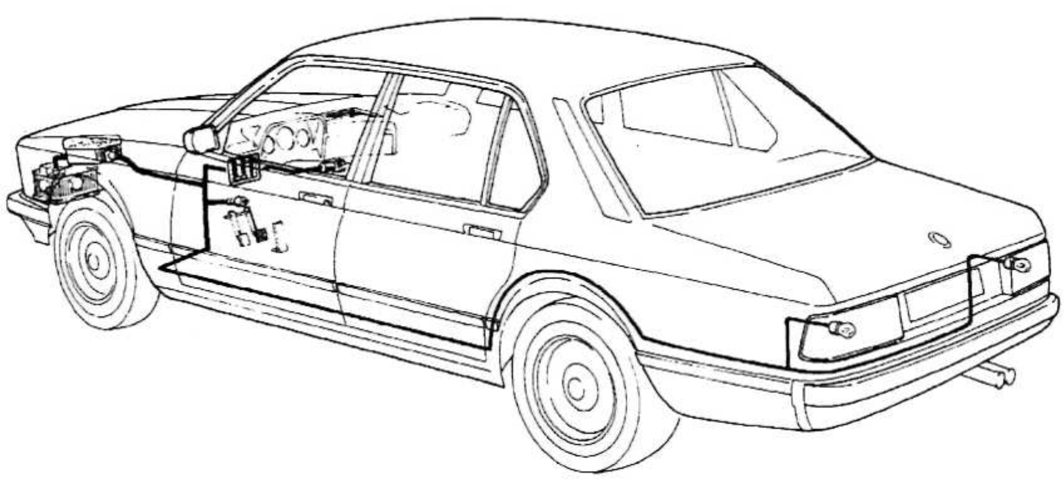
2.1. Części składowe i budowa obwodu elektrycznego

Na rysunku 2.1 pokazano samochód na którym zaznaczono położenie elementów składowych i przebieg przewodów obwodu świateł hamownia. Do działania świateł hamowania są niezbędne:

- akumulator samochodowy (źródło napięcia),
- włącznik świateł hamowania (zestyk),
- przewody łączące.

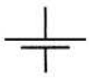
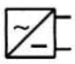
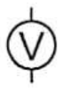
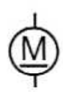
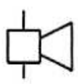
Źródło napięcia, zestyk, odbiornik oraz przewody łączące tworzą obwód elektryczny.



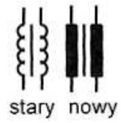
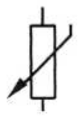
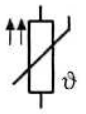
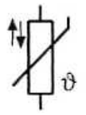
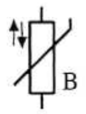
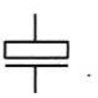
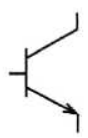
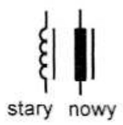
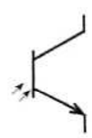


Rys. 2.1
Schemat obwodu świateł hamowania w samochodzie osobowym

Tablica 2.1. *Ważne symbole graficzne w elektrotechnice i elektronice samochodowej*

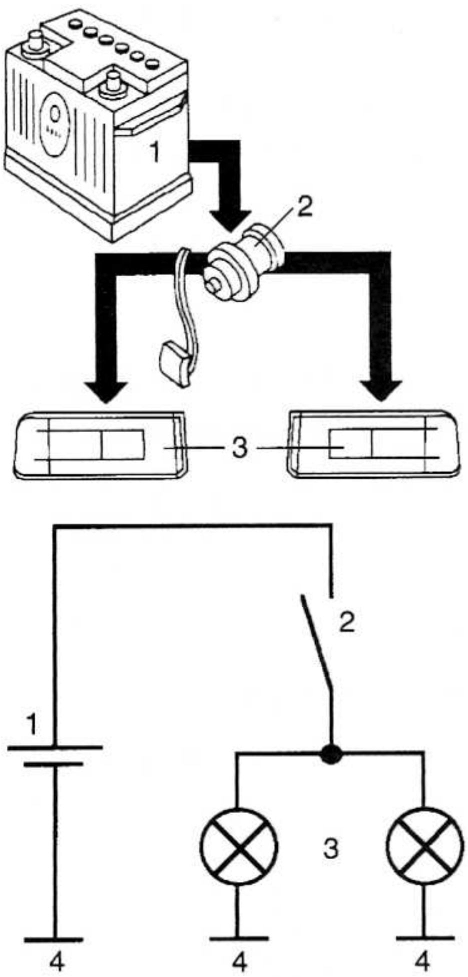
	Przewód elektryczny, drut		Zestyk, po jego zwolnieniu powraca wyjściowy stan obwodu ⇒ przycisk
	Skrzyżowanie dwóch przewodów na schemacie, nie połączonych elektrycznie		Zestyk, strzałka pokazuje, że zestyk narysowano w położeniu po jego użyciu
	Połączenie elektryczne dwóch przewodów (np. skręcone, zlutowane albo zaciśnięte)		Zestyk przełączny, zestyk zmienia położenie pomiędzy dwoma stykami
	Połączenie wtykowe z wtykiem (na dole) i gniazdem (na górze)		Przyłącze masy, np. masa w samochodzie
	Bateria lub akumulator, dłuższa kreska oznacza biegun dodatni, krótsza ujemny		Żarówka
	Przetwornik (napięcia) zamieniający napięcie przemienne w napięcie stałe		Miernik, woltomierz
	Bezpiecznik		Miernik, amperomierz
	Zestyk zwierny, po jego uruchomieniu obwód elektryczny zostaje zamknięty ⇒ zwiernik		Miernik, omomierz
	Zestyk rozwierny, po jego uruchomieniu obwód elektryczny zostaje przerwany ⇒ rozwiernik		Silnik prądu stałego, np. wycieraczek szyb lub dmuchawy w samochodzie
	Zestyk, po jego uruchomieniu zachowany zostaje nowy stan obwodu ⇒ zatrzask		Sygnał dźwiękowy

Tablica 2.1. cd.

	Rezystor		Transforamtor z żelaznym rdzeniem, np. cewka zapłonowa
	Potencjometr		Przekaźnik, ogólnie
	Fotorezystor, jego rezystancja zmienia się w zależności od natężenia światła		Dioda
	Rezystor zależny od temperatury (PTC), jego rezystancja zwiększa się ze wzrostem temperatury		Dioda Zenera
	Rezystor zależny od temperatury (NTC), jego rezystancja zmniejsza się ze wzrostem temperatury		Dioda świecąca (LED)
	Rezystor o rezystancji zależnej od wartości pola magnetycznego		Fotofioda, przepływający prąd zmienia się zależnie od natężenia światła
	Kondensator		Fotoelement, ogniwo fotoelektryczne, pod wpływem światła powstaje napięcie
	Kondensator elektrolityczny z pokazaniem polaryzacji		Tranzystor, przyrząd półprzewodnikowy, wzmacnia lub przełącza sygnały elektryczne
	Cewka z żelaznym rdzeniem (cewka elektromagnesu), np. czujnik indukcyjny		Tranzystor fotoelektryczny, rosnące natężenie światła powoduje wzrost napięcia

2.2. Symbole graficzne

Z powodu dużej liczby obwodów elektrycznych w samochodzie (świateł hamowania, świateł drogowych, oświetlenia kabiny itp.) nie ma sposobu pokazywania ich poszczególnych elementów za pomocą rysunków. Konieczne jest używanie w tym celu odpowiednich symboli graficznych. Omówmy dla przykładu przepływ prądu od akumulatora, poprzez włącznik świateł hamowania do żarówek świateł hamowania i popatrzmy, jak taki obwód można narysować za pomocą symboli (rys. 2.2).



Rys. 2.2
Przepływ prądu w obwodzie świateł hamowania i schemat ideowy tego obwodu

1. Zamiast rysunku akumulatora używamy odpowiedniego symbolu.
2. Od akumulatora przewody biegną w kierunku włącznika świateł hamowania. Zestyk ten pokazano symbolicznie w położeniu rozłączonym.
3. Dalej przewód rozdziela się do obu świateł hamowania, które przedstawiono za pomocą symbolu żarówek.
4. Symbol masy na dole schematu oznacza, że tutaj znajdują się podłączenia akumulatora i obu żarówek do masy, czyli nadwozia samochodu. Podłączenia te zamykają obwód. Nie ma osobnego przewodu powrotnego do akumulatora. Obwód elektryczny zamyka się poprzez nadwozie i taśmę miedzianą, która łączy nadwozie z drugim biegunem akumulatora.

Symbole graficzne są znormalizowanymi oznaczeniami elementów elektrycznych. Służą do przejrzystego przedstawiania powiązań pomiędzy poszczególnymi elementami instalacji elektrycznej samochodu. Wypełniają w elektrotechnice to samo zadanie, co symbole techniczne w budowie maszyn.

2.3. Schematy ideowe

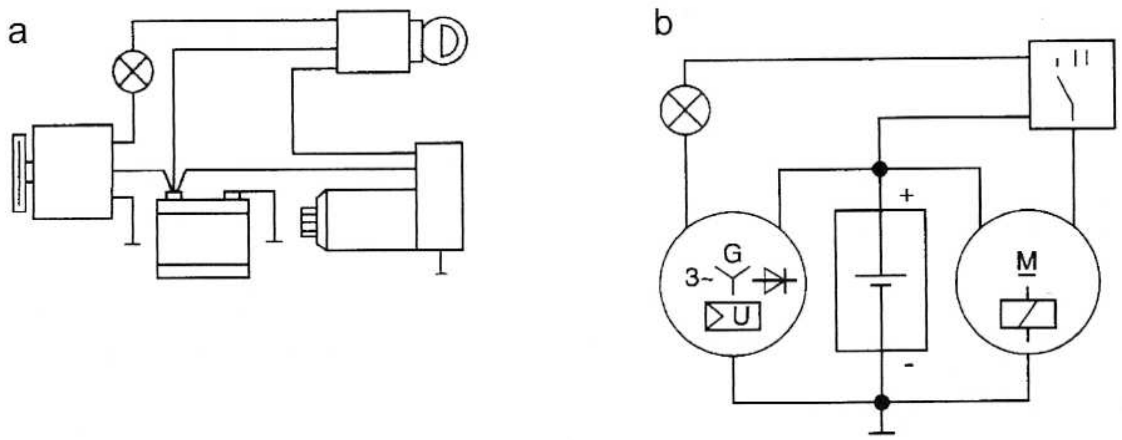
Przy tak ogromnej liczbie istniejących obwodów mechanik musi pozyskiwać potrzebne mu do rozwiązania problemu informacje z dokumentacji producentów. Schematy ideowe są w tym wypadku podstawowymi źródłami wiedzy dla zrozumienia wzajemnych zależności i powiązań poszczególnych elementów.

Na **schemacie głównym** znajdują się wszystkie obwody elektryczne samochodu. Większość producentów preferuje jednak **schematy częściowe**, przedstawiające poszczególne obwody, np. tylko zapłon, albo tylko oświetlenie. Na takich schematach zamieszcza się informacje, dotyczące tylko danego obwodu. Na rysunku 2.3 pokazano schemat obwodu zasilania elektrycznego. Umieszczono na nim tylko akumulator, prądnicę i rozrusznik.

Schematy elektryczne mogą być schematami połączeń albo schematami obwodów, które mogą być przedstawione w formie ideowej bądź szczegółowej.

2.3.1. Schemat połączeń

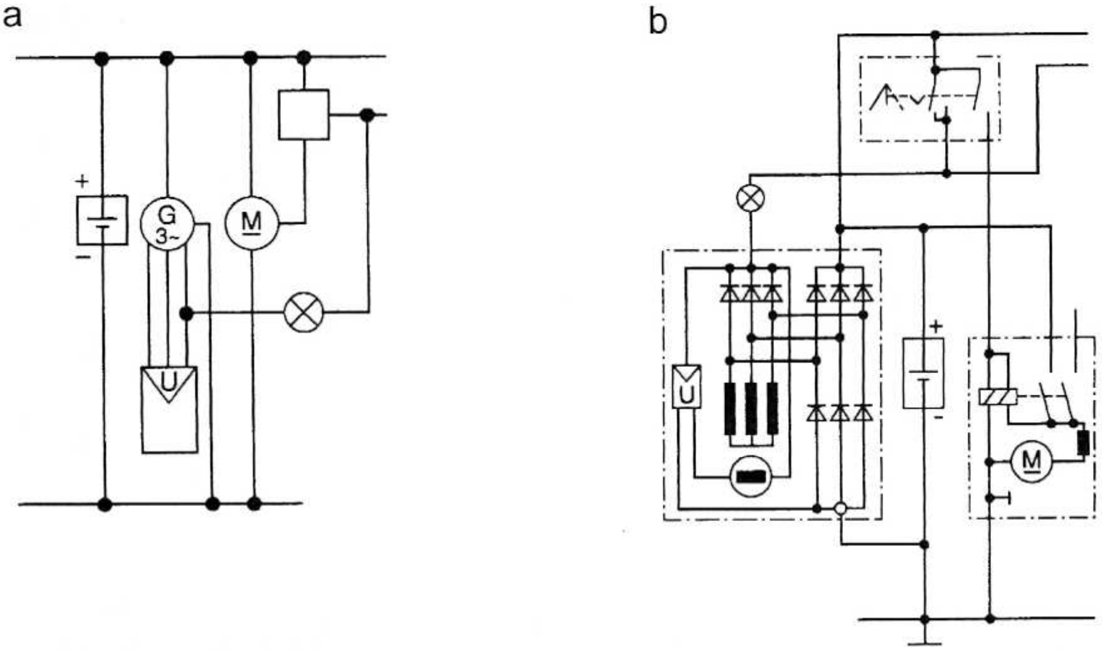
Na schemacie połączeń (rys. 2.3) widoczne są zaciski przyłączeniowe urządzeń elektrycznych i przewody łączące. Taki schemat służy pomocą przy wymianie, lub podłączaniu elementów i urządzeń elektrycznych.



Rys. 2.3
a) schemat połączeń elementów obwodu
b) schemat połączeń (symbole graficzne)

2.3.2. Schemat obwodu

Schemat obwodu (rys. 2.4) jest szczegółowym odwzorowaniem obwodu elektrycznego. Taki sposób prezentacji jest najczęściej stosowany przez producentów.



Rys. 2.4
Schematy ideowy (a) i szczegółowy (b) obwodu

Schemat obwodu w formie ideowej

Układ połączeń pokazano według kierunku przepływu prądu (od + do −). Poszczególne elementy rozmieszczono na rysunku bez zwracania uwagi na ich rzeczywiste umiejscowienie w samochodzie. Drogi przepływu prądu są liniami prostymi, które nie powinny się nawzajem krzyżować.

Schemat obwodu w formie szczegółowej

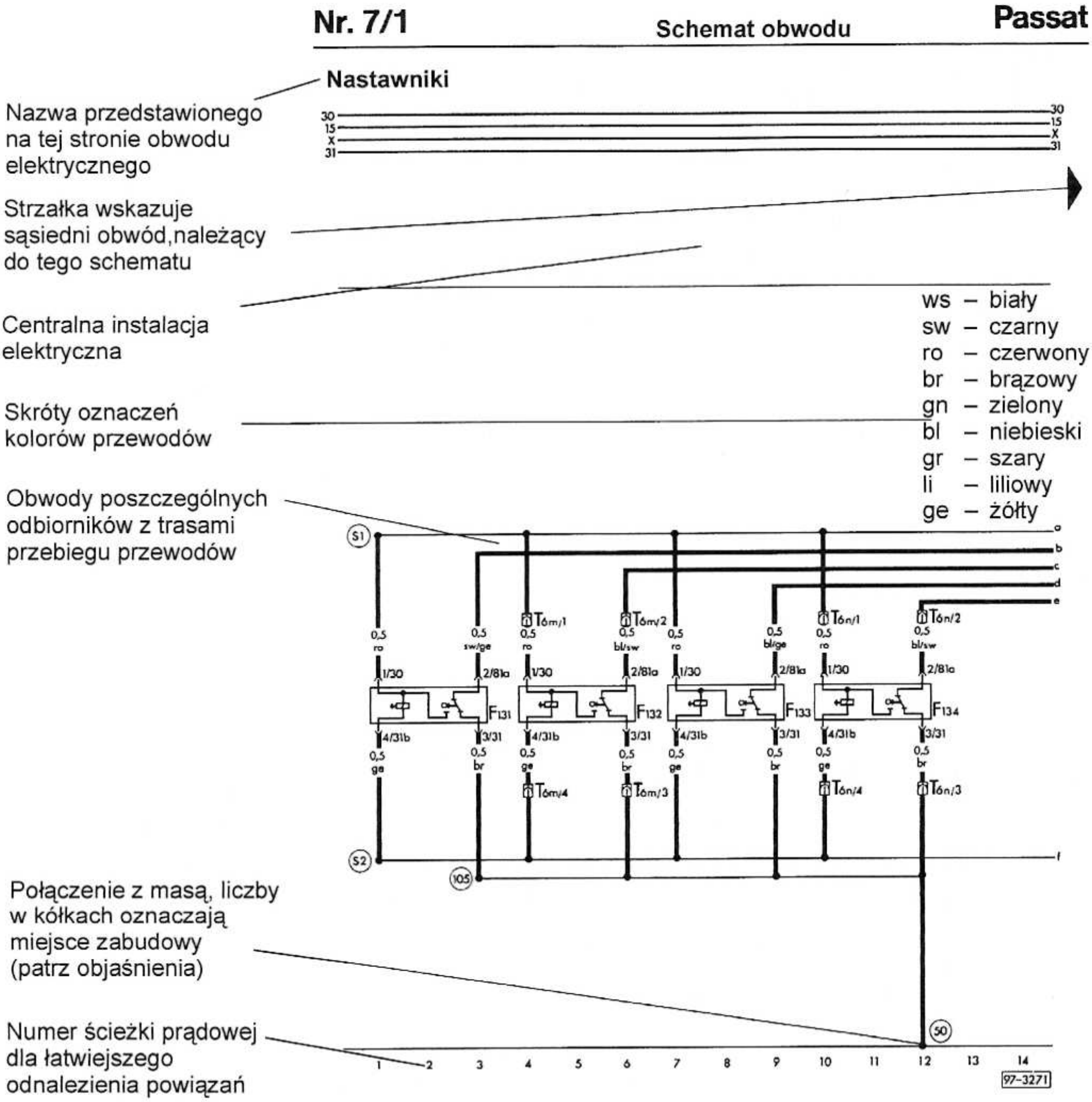
Cała instalacja, sieć przewodów i wewnętrzne połączenia urządzeń są przedstawione bardzo szczegółowo. Należy przejrzyście pokazać drogi przewodów. Nie należy jednak zwracać uwagi na faktyczne położenie elementów instalacji.

2.4. Oznaczenia urządzeń elektrycznych

Skróty literowe (np. S) jednoznacznie identyfikują urządzenie umieszczone na schemacie. Towarzysząca literze cyfra jest bieżącą numeracją wszystkich urządzeń, mających takie same oznaczenie literowe.

2.5. Oznaczenia zacisków

Obok literowych i cyfrowych oznaczeń urządzeń na schematach są widoczne, odnoszące się do nich, dalsze oznaczenia. Na przykład S2 jest zestykiem w wyłączniku zapłonu (stacyjce), uruchamiającym rozrusznik. Obok odchodzących od niego przewodów zapisano numery zacisków 30,15 i 50.



Na wszystkich schematach obwodów takie same elementy mają takie same oznaczenia

F131 – nastawnik centralnego zamka, drzwi lewe przednie
F132 – nastawnik centralnego zamka, drzwi lewe tylne
F133 – nastawnik centralnego zamka, drzwi prawe przednie
F134 – nastawnik centralnego zamka, drzwi prawe tylne
T6m – połączenie wtykowe, 6-krotne, w słupku B*
T6n – połączenie wtykowe, 6-krotne, w słupku B*
(S1) – połączenie z plusem (30) w wiązce przewodów centralnego zamka
(S2) – połączenie w wiązce przewodów centralnego zamka
(50) – połączenie z masą, w bagażniku po lewej
(105) – połączenie z masą w wiązce przewodów centralnego zamka

* Niekiedy stosowane jest także połączenie wtykowe, 4-krotne

Wydanie 01.89
000.5104.07.00

Rys. 2.5
Przykład budowy schematu elektrycznego

- Minimalizacja masy i kosztów. Przewody o dużych przekrojach mogą być jak najkrótsze, gdyż nie muszą być prowadzone przez wyłączniki.
- Ograniczenie rezystancji styków i przewodów w obwodzie prądu obciążenia.
- Bezawaryjne włączanie odbiorników o dużym początkowym poborze mocy (rozrusznik, żarówki).

Tablica 4.4. *Oznaczenia zacisków w przekaźnikach wg normy DIN 72 552*

Oznaczenie zacisków	Przeznaczenie zacisku	Stare oznaczenie zacisków
85	obwód prądu sterującego (−) zakończenie uzwojenia cewki	85
86	obwód prądu sterującego (+) zakończenie uzwojenia cewki	86
87	zacisk wejściowy prądu obciążenia w przekaźniku rozwiernym i zwierno-rozwiernym	30/51
87a	zacisk wyjściowy prądu obciążenia, strona rozwierna	87a
88	zacisk wejściowy prądu obciążenia w przekaźniku zwiernym	30/51
88a	zacisk wyjściowy prądu obciążenia, strona zwierna	87

4.10.5.2. Rodzaje przekaźników

Rozróżniamy dwa zasadnicze rodzaje przekaźników.

1. Przekaźniki przystosowane do małych prądów
Nazywa się je także przekaźnikami z cewką napięciową.

Cechy szczególne:

- wiele zwojów z cienkiego drutu w cewce,
- duża rezystancja cewki sterującej,
- mały przepływ prądu w obwodzie sterującym.

Zastosowanie: znane powszechnie przekaźniki zestykowe.

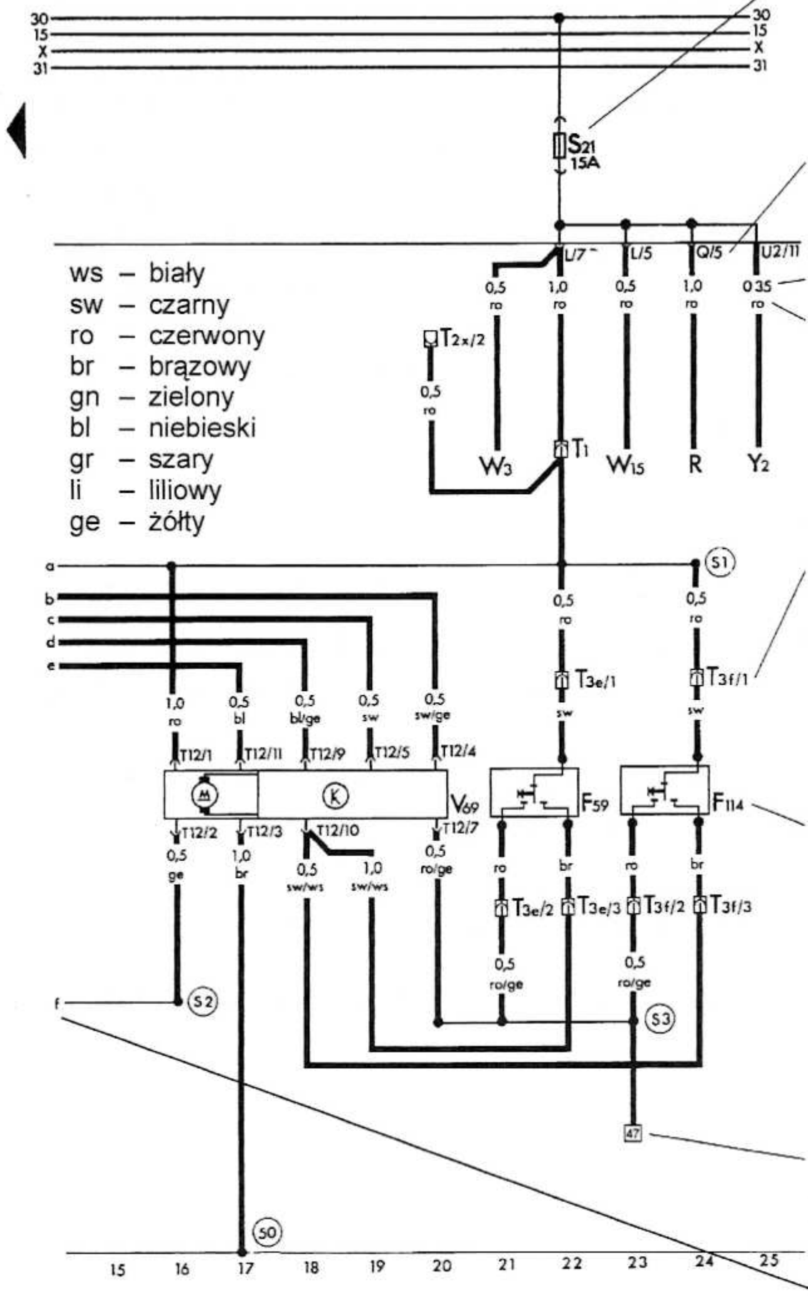
2. Przekaźniki przystosowane do dużych prądów
Nazywa się je także przekaźnikami z cewką prądową.

Cechy szczególne:

- mało zwojów z grubego drutu w cewce,
- niewielka rezystancja cewki,
- duży przepływ prądu w obwodzie sterującym.

Zastosowanie: Przekaźniki kontaktronowe, np. do nadzoru świateł zewnętrznych.

Urządzenie sterujące



Numer bezpiecznika; określa miejsce bezpiecznika w centralnej instalacji elektrycznej

Oznaczenie styków w połączeniu wtykowym, wskazuje położenie przewodów w wielokrotnym lub pojedynczym połączeniu wtykowym, np: Q5 – wielokrotne połączenie wtykowe Q, styk nr 5

Przekrój przewodu w mm^2

Kolor przewodu, odpowiada kolorowi samochodu

Oznaczenie styków przy połączeniach wtykowych, określa styk wewnątrz wielokrotnego połączenia wtykowego, np: T 3f/1
T 3f – połączenie wtykowe 3-krotne
1 – styk nr 1

Oznaczenie urządzenia (dzięki temu znajdziemy w legendzie informację jakiego elementu dotyczy umieszczone na schemacie oznaczenie np: F114 – wyłącznik w centralnej instalacji elektrycznej.)
Wskazówka: oznaczenia urządzeń są znormalizowane, niestety nie wszyscy producenci trzymają się tych norm

Liczba w ramce oznacza, w której ścieżce prądowej przewód ten jest dalej prowadzony

Litery oznaczają powiązanie z następnym, lub poprzednim schematem obwodowym

F59 – wyłącznik centralnego zamka
F114 – wyłącznik centralnego zamka
R – złącze do podłączenia radia
T1 – połączenie wtykowe jednokrotne, z tyłu płyty przekaźników
T1t – połączenie wtykowe jednokrotne, pośrodku, pod przednim fotelem
T2x – połączenie wtykowe 2-krotne, pod osłoną dźwigni zmiany biegów
T3e – połączenie wtykowe 3-krotne, w drzwiach kierowcy
T3f – połączenie wtykowe 3-krotne, w drzwiach pasażera
T12 – połączenie wtykowe 12-krotne
V69 – pompa z urządzeniem sterującym centralnego zamka
W3 – oświetlenie bagażnika
W15 – oświetlenie kabiny z opóźnieniem wyłączania
Y2 – zegar cyfrowy

Rys. 2.6
Sposób odczytywania schematu elektrycznego

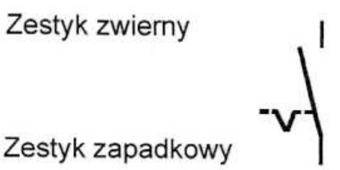
Znormalizowane oznaczenia zacisków wprowadzono w celu niedopuszczenia do zamiany przewodów przy ich podłączaniu.

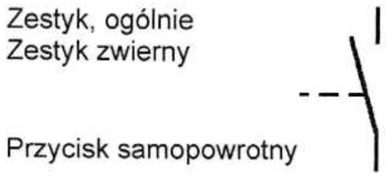
Jeżeli zamiana przewodów nie powoduje złych następstw, można zrezygnować z ich oznaczania. W samochodach przewody elektryczne łączone są w wiązki, biegnące we wspólnych osłonach izolacyjnych. Uniemożliwia to wzrokowe prześledzenie drogi pojedynczego kabla. Numer zacisku przewodu łączącego umożliwia kontrolę prawidłowości połączenia. Można np. zmierzyć wartość napięcia na zacisku i porównać wynik z danymi producenta. Dane te są wartościami **zadanymi**, tzn. taki powinien być wynik pomiaru.

Wskazanie miernika jest wartością **rzeczywistą** (wynikiem pomiaru). Jeżeli wartości zadana i rzeczywista są różne, oznacza to wystąpienie usterki.

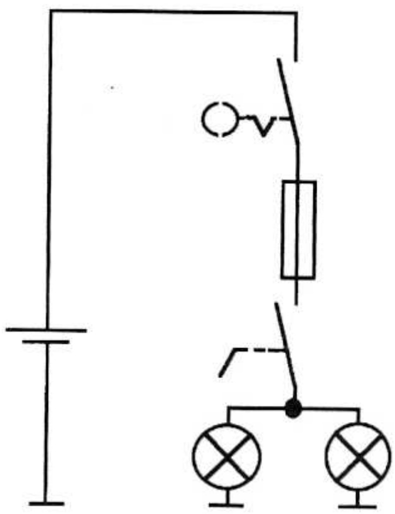
2.6. Rodzaje zestyków

W niektórych samochodach światło hamowania zaświeci się tylko wtedy, gdy kluczyk w stacyjce jest w położeniu „zapłon włączony". Po włączeniu zapłonu przełącznik pozycjonuje się sam i pozostaje w takim położeniu dopóki nie zostanie z powrotem wyłączony.





Zestyki, które po ich użyciu zachowują swoje położenie, nazywamy zapadkowymi.

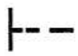


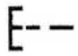
Rys. 2.7
Schemat ideowy włącznika świateł hamowania

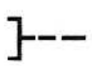
Na schemacie włączania świateł hamowania (rys. 2.7) pokazano wyłącznik zapłonu jako zestyk zapadkowy uruchamiany kluczykiem, a zestyk świateł hamowania jest uruchamianym nogą przyciskiem samopowrotnym. Zestyk świateł hamowania jest tylko tak długo włączony, jak długo trzymamy nogę na pedale hamulca.

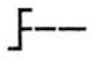
Zestyki, które po ich użyciu samoczynnie wracają do pozycji wyjściowej, nazywamy samopowrotnymi.

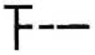
Sposób uruchamiania a ... e oraz h – uruchamianie ręczne

a. ogólnie 

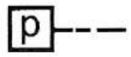
b. przez nacisk 

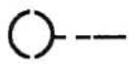
c. przez pociąganie 

d. przez obracanie 

e. przez wychylanie 

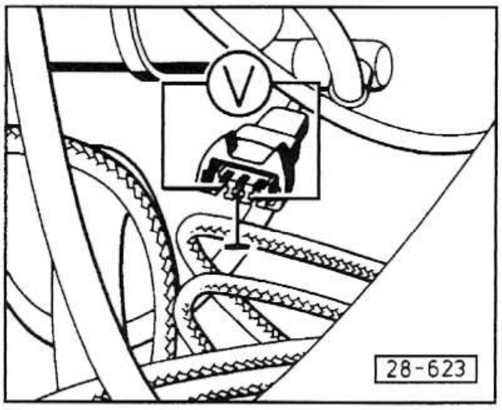
f. stopą 

g. hydraulicznie 

h. za pomocą kluczyka 

3. Pomiary miernikiem uniwersalnym

Wielkości: napięcie, natężenie i rezystancja podczas poszukiwania usterek muszą być zmierzone zgodnie z wytycznymi instrukcji producenta (rys. 3.1). W tym celu używa się przeważnie miernika uniwersalnego, czyli multimetru. Urządzenia te umożliwiają, poprzez przełączanie zakresów pomiaru, pomiar wartości napięcia, natężenia i rezystancji.



Rys. 3.1
Fragment instrukcji pomiaru (V.A.G)

- Nacisnąć sprężyste zabezpieczenie i wyciągnąć wtyk czujnika Halla (w rozdzielaczu zapłonu),
- Podłączyć miernik do zewnętrznych styków wtyku czujnika Halla (rozdzielacz zapłonu),
- Włączyć zapłon, wartość właściwa: minimum 5 V,
- Wyłączyć zapłon.

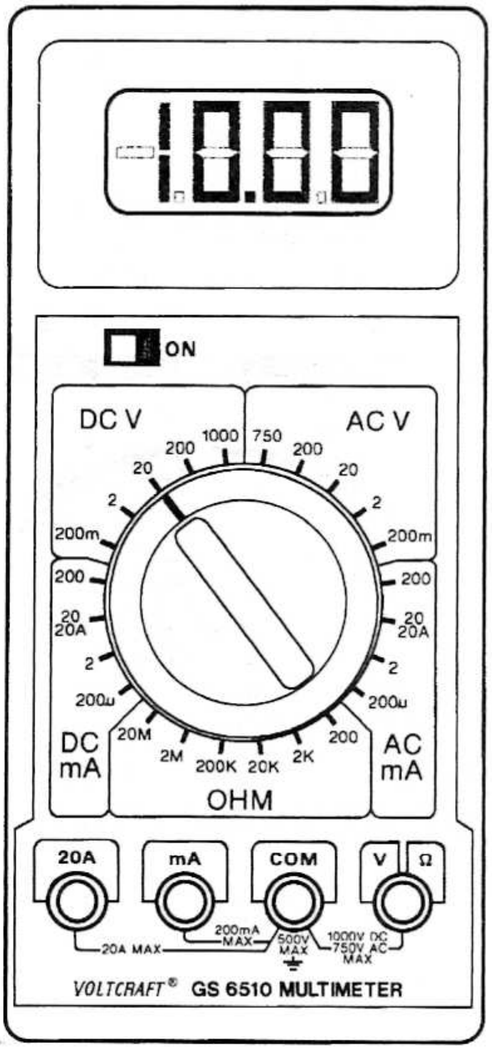
3.1. Rodzaje mierników

W **uniwersalnym mierniku cyfrowym** (rys. 3.2) zmierzona wartość jest wyświetlana natychmiast jako liczba. Wynik zawsze jest wyświetlany skokowo, gdyż ostatnia cyfra może się zwiększyć jednorazowo tylko o jednostkę.

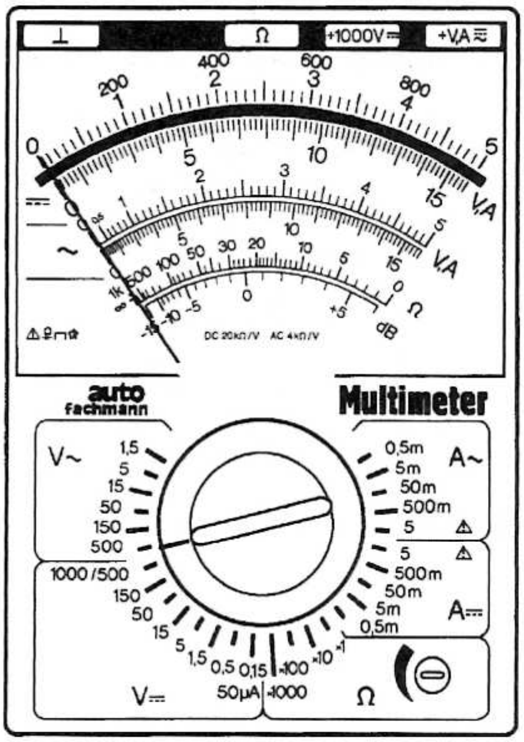
W **uniwersalnym mierniku analogowym** (rys. 3.3) zmierzoną wartość pokazuje wskazówka na skali. Pomiar jest ciągły.

Do pomiarów, odnoszących się do regulacji lambda we współczesnych samochodach, mierniki analogowe nadają się lepiej, gdyż łatwiej można zauważyć wahania napięcia. Jednak z uwagi na łatwiejszy odczyt pomiary w samochodach częściej wykonuje się miernikami cyfrowymi. W ostatnim czasie coraz większym powodzeniem cieszą się mierniki uniwersalne cyfrowo-analogowe, które obok wskazań liczbowych, pokazują także tendencję i kierunek odchyleń w formie ruchomego wskaźnika. Mówimy wtedy o odczycie „quasi-analogowym".

Należy przeprowadzać tylko takie pomiary, które producent zaleca w instrukcjach pomiarowych. Niefachowe pomiary mogą zniszczyć podzespoły elektroniczne i stanowić zagrożenie dla życia ludzkiego.



Rys. 3.2
Uniwersalny miernik cyfrowy

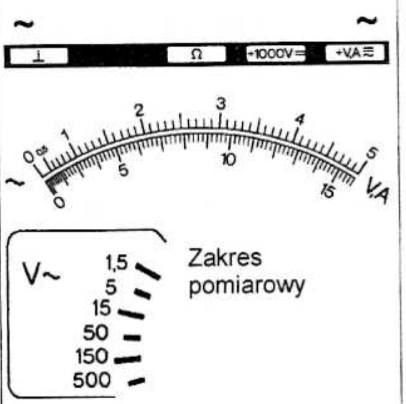


Rys. 3.3
Uniwersalny miernik analogowy

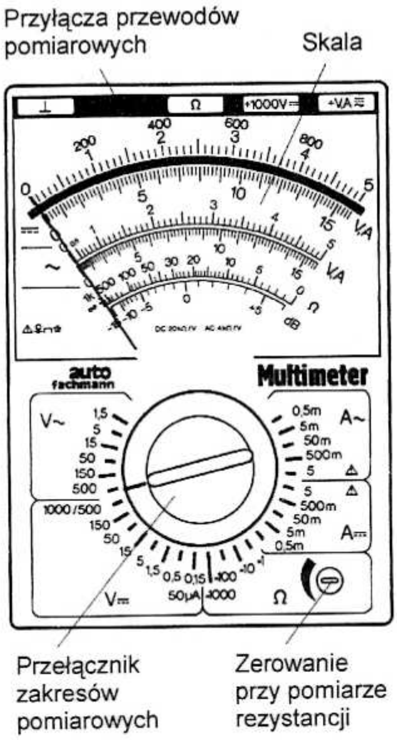
3.2. Oznaczenia na uniwersalnych miernikach analogowych

Napięcie przemienne V~

Przyłącza przewodów pomiarowych

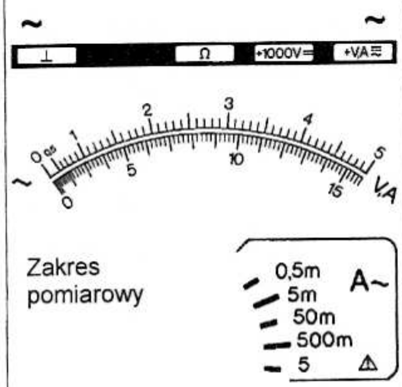


		Skala	×	Współczynnik
1,5	V	15	×	0,1
5	V	5	×	1
15	V	15	×	1
50	V	5	×	10
150	V	15	×	10
500	V	5	×	100



Prąd przemienny A~

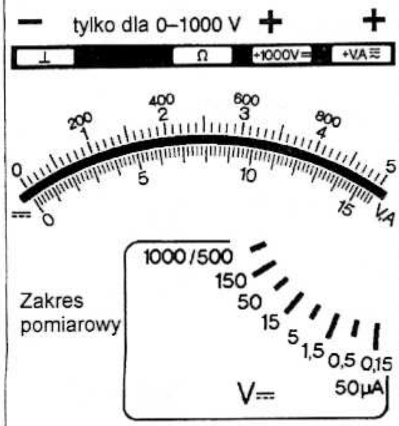
Przyłącza przewodów pomiarowych



		Skala	×	Współczynnik
0,5	mA	5	×	0,1
5	mA	5	×	1
50	mA	5	×	50
500	mA	5	×	500
5	A	5	×	1

Napięcie stałe V ⎓

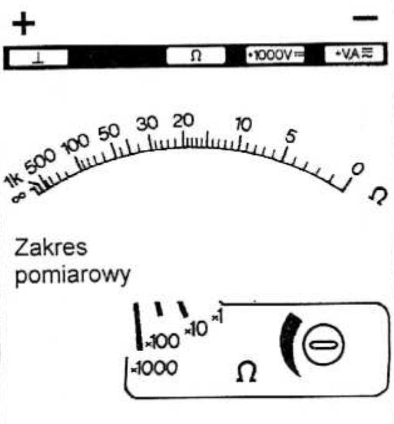
Przyłącza przewodów pomiarowych



		Skala	×	Współczynnik
1000	V			1000
Nie zamienić przyłączy przewodów pomiarowych!				
500	V	5	×	100
150	V	15	×	10
50	V	5	×	10
15	V	15	×	1
5	V	5	×	1
1,5	V	15	×	0,1
0,5	V	5	×	0,1
0,15	V	15	×	0,01

Rezystancja Ω

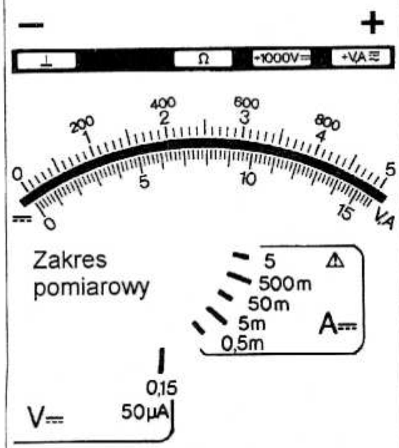
Przyłącza przewodów pomiarowych



Skala	×	Współczynnik
× 1 Ω	×	0,1
× 10 Ω	×	10
× 100 Ω	×	100
× 1000 Ω	×	1000

Prąd stały A ⎓

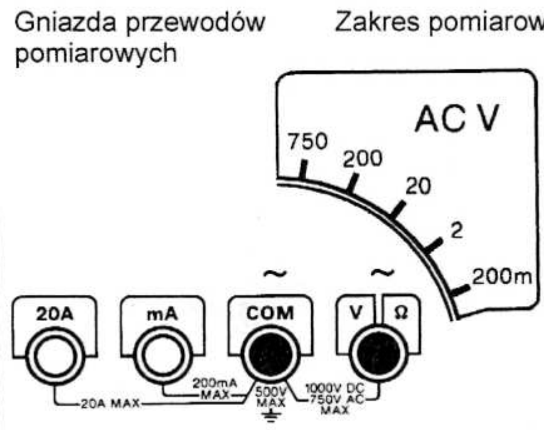
Przyłącza przewodów pomiarowych



		Skala	×	Współczynnik
5	A	5	×	1
500	mA	5	×	500
50	mA	5	×	50
5	mA	5	×	1
0,5	mA	5	×	0,1
50	µA	2	×	10

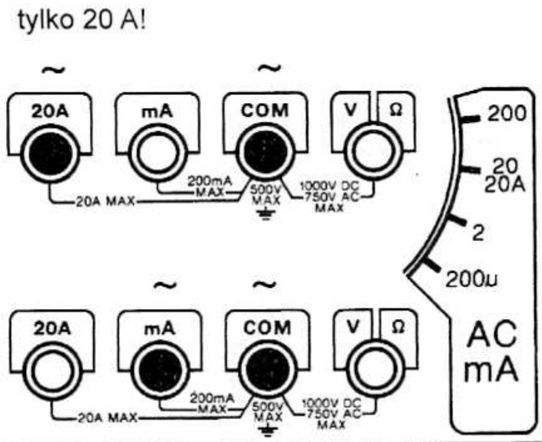
Rys. 3.4
Oznaczenia na uniwersalnym mierniku analogowym

3.3. Oznaczenia na uniwersalnych miernikach cyfrowych



Napięcie przemienne
ACV
(Alternating Current Voltage)

Zakres pomiarowy	Wskazania do	
750	**750**	**V**
200	**199,9**	**V**
20	**19,99**	**V**
2	**1,999**	**V**
200 m	**199,9**	**mV**

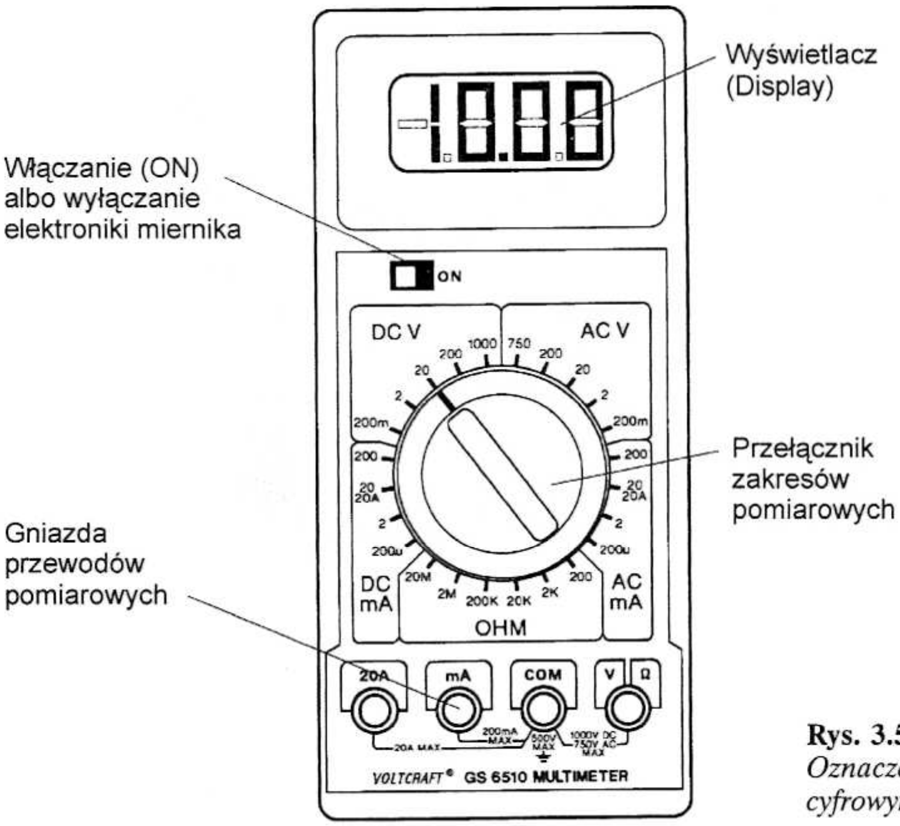


Prąd przemienny
ACmA
(Alternating Current)

Zakres pomiarowy	Wskazania do	
200	**199,9**	**mA**
20	**19,99**	**mA**
20	**19,99**	**A**

Nie pomylić gniazd przewodów pomiarowych!

Zakres pomiarowy	Wskazania do	
2	**1,999**	**mA**
200 μ	**199,9**	**μA**



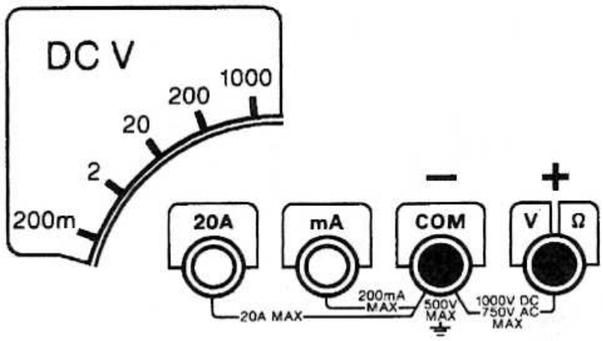
Rys. 3.5
Oznaczenia na uniwersalnym mierniku cyfrowym

Napięcie stałe
DCV
(Direct Current Voltage)

Zakres pomiarowy

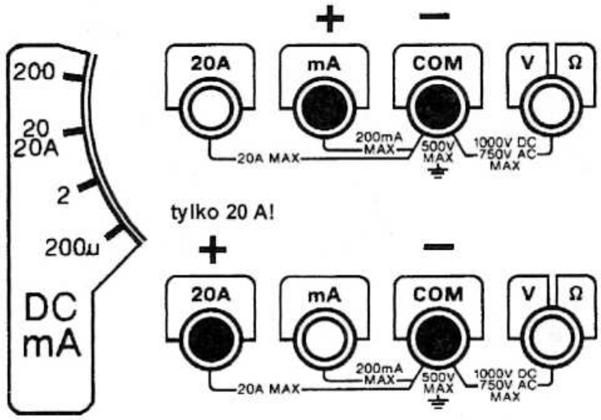
Gniazda przewodów pomiarowych

Wskazania do		Zakres pomiarowy
1000	**V**	**1000**
199,9	**V**	**200**
19,99	**V**	**20**
1,999	**V**	**2**
199,9	**mV**	**200 m**



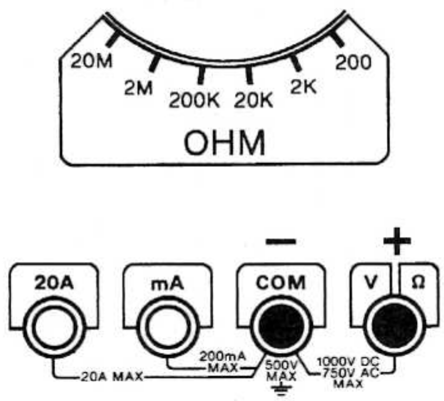
Prąd stały DCmA
(Direct Current)

Wskazania do		Zakres pomiarowy
199,9	**mA**	**200**
19,99	**mA**	**20**
19,99	**A**	**20 A**
Nie zamienić gniazd przewodów pomiarowych!		
1,999	**mA**	**2**
199,9	**µA**	**200 µ**



Rezystancja Ohm

Zakres pomiarowy	Wskazania do
20 M	**19,99 MΩ**
2 M	**1,999 MΩ**
200 K	**199,9 kΩ**
20 K	**19,99 kΩ**
2 K	**1,999 kΩ**
200	**199,9 Ω**



Rys. 3.6
Oznaczenia na uniwersalnym mierniku cyfrowym

Ogólne zasady posługiwania się miernikami

1. Do każdego pomiaru używać odpowiedniego miernika. Na podstawie naniesionych na skali oznaczeń i symboli ustalić do jakich pomiarów przyrząd jest przeznaczony. I tak np. za pomocą miernika cyfrowego nie można zmierzyć prądu w rozruszniku.
2. Unikać obijania i potrząsania przyrządem.
3. Przed podłączeniem miernika ustawić przełącznik na żądany rodzaj pomiaru (natężenie, napięcie lub rezystancję).
4. Jeżeli nie znamy wartości wielkości mierzonej, należy ustawić przyrząd na największy zakres pomiarowy, odczytać wartość i dopiero potem wybrać odpowiednio niższy zakres.
5. W celu uzyskania odpowiedniej dokładności pomiaru należy używać możliwie najniższego zakresu, w którym jeszcze mieści się wartość pomiaru.
6. Przewody najpierw podłączyć do miernika, a dopiero potem do mierzonego elementu.
7. Podczas pomiaru prądu stałego zwracać uwagę na odpowiednią biegunowość. Biegun ujemny zawsze podłączać do gniazda COM.
8. W miernikach analogowych przestrzegać prawidłowego położenia przyrządu.
9. Podczas pomiaru rezystancji mierzony element nie może znajdować się pod napięciem, dlatego przed pomiarem należy go odłączyć od prądu.
10. Przed odłożeniem miernika na miejsce ustawić przełącznik na największy zakres pomiarowy prądu przemiennego.

Nie wolno dokonywać pomiarów w sieci pod napięciem, np. w gniazdkach, włącznikach oświetlenia lub maszynach elektrycznych, ani w domu ani w warsztacie. Nie należy też dokonywać pomiarów w obwodzie wysokiego napięcia układu zapłonowego. Takie pomiary mogą być niebezpieczne dla życia.

3.4. Zakresy tolerancji mierników uniwersalnych

3.4.1. Mierniki analogowe

W miernikach analogowych błąd pomiaru jest podawany w procentach. Liczba ta (np. ±1,5%) odnosi się do największej wartości odpowiedniego zakresu pomiarowego.

Przykład
Załóżmy, że miernik ustawiony jest na zakres 15 V. Błąd pomiaru wynosi wówczas ±1,5% z 15 V, czyli ±0,225 V, niezależnie od rzeczywiście zmierzonego napięcia.

Jak duży będzie błąd pomiaru w procentach przy zakresie 15 V dla zmierzonego napięcia równego 12 V?
Wynik: błąd względny wyniesie 1,88%.

Jak duży będzie błąd pomiaru w procentach przy zakresie 15 V dla zmierzonego napięcia równego 1 V?
Wynik: błąd względny wyniesie 22,5%.

W miernikach analogowych należy tak wybierać zakres pomiarowy, aby wskazówka znajdowała się jak najbliżej końca skali.

3.4.2. Uniwersalne mierniki cyfrowe

W uniwersalnych miernikach cyfrowych mamy do czynienia z dwoma rodzajami błędu pomiaru. Typowym przykładem jest podawanie 0,25% ±1 cyfra. W tym przypadku wartość procentowa (±0,25%) nie jest odniesiona do zakresu końcowego, lecz do rzeczywistego wyniku. Do błędu procentowego dochodzi jeszcze tzw. błąd cyfrowy. Oznacza on dodatkową odchyłkę w cyfrach. Ostatnia cyfra wskazanego na wyświetlaczu wyniku może być większa lub mniejsza o jeden.

Przykład
Przy nastawionym zakresie pomiarowym 20 V i wyświetlonym wyniku 12 V dopuszczalny błąd pomiaru wyniesie ±30 mV (0,25% z 12 V). Przy 3½ miejscowym mierniku oznacza to wynik pomiędzy 11,97 V i 12,03 V. Jeżeli doliczymy do tego błąd cyfrowy – w naszym przypadku będzie to ±1 cyfra – wtedy wynik zawarty będzie pomiędzy 11,96 V i 12,04 V. Łączny błąd, wyrażony w procentach, dla tego wyniku pomiaru wyniesie ±0,33%.
Jeżeli przy takim samym zakresie pomiarowym zmierzymy napięcie 1 V możemy błąd procentowy 0,25% pominąć, gdyż wyniesie on ±2,5 mV i nawet nie mógłby być pokazany na wyświetlaczu. Natomiast błąd cyfrowy jest tu już istotny: wynik pomiaru może się wahać pomiędzy 1,01 V i 0,99 V, co stanowi różnicę 1%.

Także w miernikach cyfrowych zakres pomiaru powinien być tak dobrany, aby wskazanie wartości następowało w końcowej części zakresu pomiarowego.

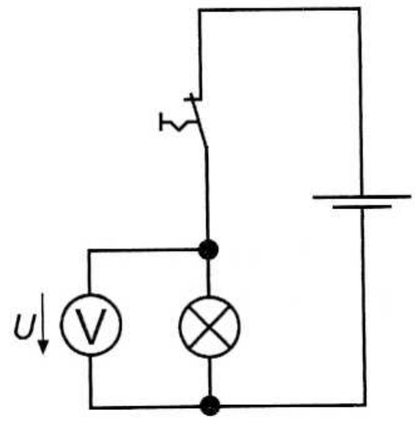
3.5. Pomiar napięcia uniwersalnym miernikiem cyfrowym

W celu pomiaru napięcia używamy przyrządu jako woltomierza i podłączamy go równolegle do miejsca pomiaru (w tym przypadku żarówki).

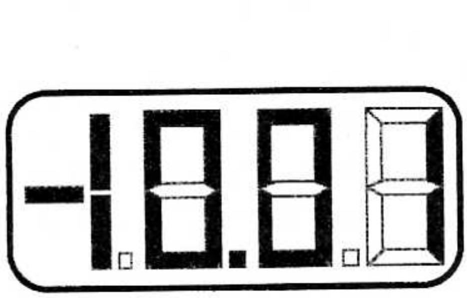
Przed podłączeniem należy wybrać najodpowiedniejszy zakres pomiarowy! Przy pomiarach instalacji samochodowej nastawić na mierniku zakres DCV 20. Przewody najpierw podłączyć do miernika.

Czarny przewód: gniazdo COM.
Czerwony przewód: gniazdo V.
Włączyć miernik.
Podłączyć przewód w miejscu pomiaru (żarówka).
Należy właściwie dobrać bieguny!
Czarny przewód (COM): biegun ujemny żarówki.
Czerwony przewód: biegun dodatni żarówki.
Odczytać na wyświetlaczu wynik pomiaru.

Wskazówka
Strzałka obok U przy symbolu graficznym woltomierza na schemacie połączeń (rys. 3.7) jest skierowana zawsze od punktu podłączenia miernika bliższego biegunowi dodatniemu w kierunku punktu podłączenia miernika bliższego biegunowi ujemnemu.



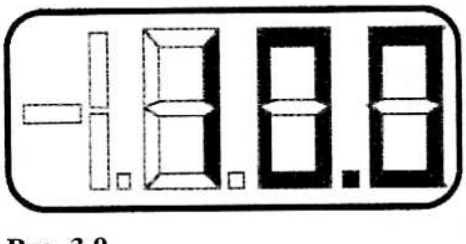
Rys. 3.7
Schemat pomiaru napięcia żarówki



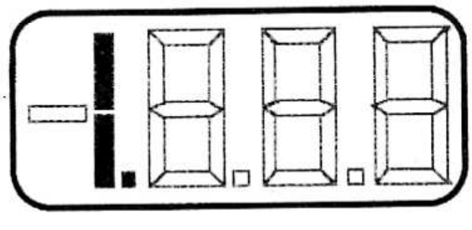
Rys. 3.8
Wynik pomiaru przy niewłaściwej biegunowości

Problemy podczas pomiaru napięcia

- Zamienione przewody pomiarowe przy żarówce (rys. 3.8). Odwrotna biegunowość na mierniku cyfrowym jest sygnalizowana znakiem minus. Sam wynik pomiaru nie ulega zmianie.
- Zbyt duży zakres pomiarowy (rys. 3.9). Im większy zakres pomiarowy, tym mniej dokładny wynik, wyświetlony na wyświetlaczu na miejscach po przecinku!
- Zbyt mały zakres pomiarowy (rys. 3.10). Pokazanie się cyfry 1, bez wyświetlenia dalszych cyfr oznacza w mierniku cyfrowym, że wybrano za mały zakres pomiarowy.



Rys. 3.9
Wynik pomiaru przy zbyt dużym zakresie pomiarowym



Rys. 3.10
Wynik pomiaru przy zbyt małym zakresie pomiarowym

3.6. Pomiar natężenia uniwersalnym miernikiem cyfrowym

W celu pomiaru natężenia, używamy przyrządu jako amperomierza. Włączamy go w obwód elektryczny szeregowo. W tym celu musimy przerwać obwód.

Przed podłączeniem wybieramy właściwy zakres pomiarowy. W razie wątpliwości zawsze ustawiać największy zakres mierzonego prądu (stałego lub zmiennego).

Uwaga. Niektóre przyrządy nie są zabezpieczone przed nadmiernym prądem przy największym zakresie pomiarowym. Przeciążenie może doprowadzić do ich zniszczenia. Dlatego też należy się **najpierw** zastanowić, czy spodziewana wartość prądu nie przekracza największego zakresu pomiarowego.

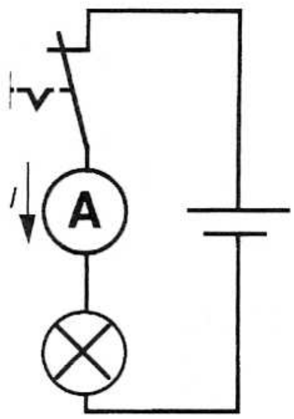
Przewody pomiarowe najpierw podłączyć do miernika.
Czarny przewód: gniazdo COM.
Czerwony przewód: gniazdo mA.
Włączyć miernik.
Przy podłączaniu należy uwzględnić kierunek prądu.
Czarny przewód (COM): biegun ujemny, bądź wejście prądu do miernika.
Czerwony przewód (mA): biegun dodatni, bądź wyjście prądu z miernika.
Zamknąć obwód, odczytać wynik pomiaru.

Wskazówka

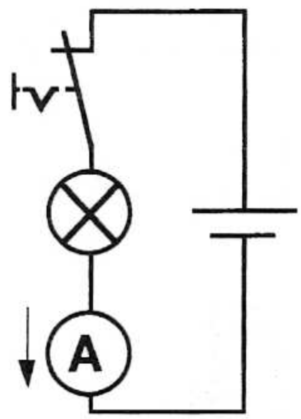
Strzałka przy symbolu graficznym amperomierza na schemacie (rys. 3.11) pokazuje zawsze umowny kierunek przepływu prądu, a więc od (+) do (–).

Problemy podczas pomiaru natężenia

- Mierzyć natężenie przed odbiornikiem, czy za nim (rysunki 3.11 i 3.12). Natężenie prądu jest w każdym punkcie obwodu takie samo.

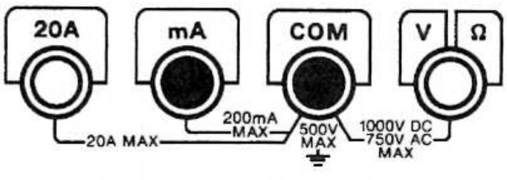


Rys. 3.11
Schemat do pomiaru natężenia przed żarówką

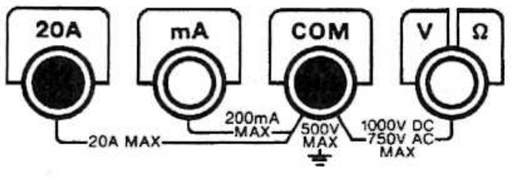


Rys. 3.12
Schemat do pomiaru natężenia za żarówką

- Nie ma przepływu prądu przez odbiornik.
  Uszkodzony bezpiecznik w mierniku.
  W celu uniknięcia zniszczenia miernika przez zbyt duży prąd, zakresy pomiarowe do 2 A są chronione bezpiecznikiem (rys. 3.13). Przy braku wskazań przepływu prądu w tych zakresach należy zmienić zakres pomiarowy na większy (jeśli taki jest, rys. 3.14). Jeżeli teraz prąd popłynie przez odbiornik, oznacza to przepalony bezpiecznik w mierniku.



Rys. 3.13
Zakres pomiarowy zabezpieczony



Rys. 3.14
Zakres pomiarowy niezabezpieczony

- Wpływ przełącznika miernika.
  Przełącznik w mierniku nie przerywa obwodu elektrycznego, lecz jedynie odłącza elektronikę pomiarową i wyświetlacz. Zarówno odbiornik, jak i sam przyrząd mogą zostać uszkodzone nawet przy ustawieniu przełącznika w pozycji wyłączonej.

3.7. Pomiar rezystancji uniwersalnym miernikiem cyfrowym

W celu pomiaru rezystancji elektrycznej używamy przyrządu jak omomierza.

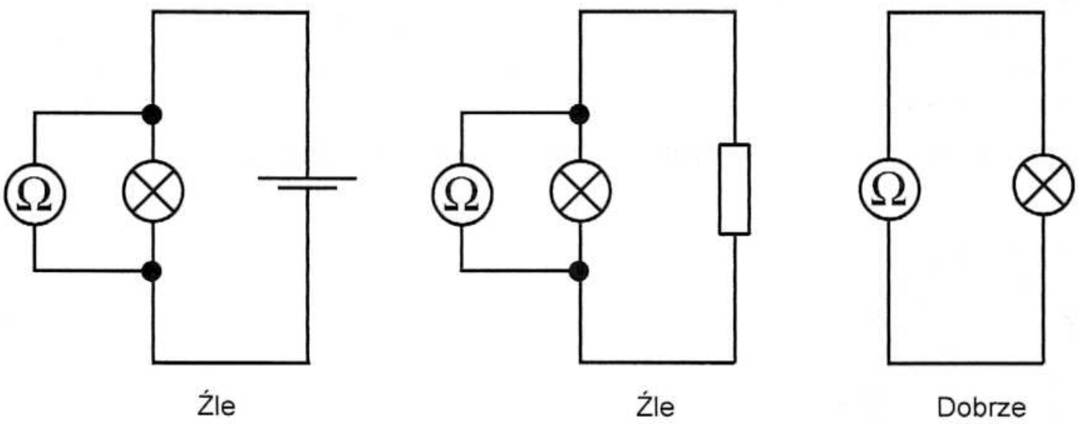
Przy pomiarze nieznanych wartości rezystancji zawsze należy używać największego zakresu pomiarowego.

Starać się dokonać pomiaru rezystancji jak najszybciej, aby nie rozładowywać niepotrzebnie baterii.

Mierzony element nie może być pod napięciem. Nieuwzględnienie tego wymogu prowadzi do zniszczenia miernika. Należy zacząć od odłączenia źródeł napięcia. Nie dokonywać pomiarów rezystancji podłączonego elementu, gdyż wówczas zmierzymy rezystancję całego obwodu, a nie interesującego nas elementu.

Wskazówka

Przed pomiarem rezystancji odłączyć mierzony element od obwodu elektrycznego, tj. odłączyć połączenia i zaciski. Kiedy interesujący nas element nie będzie podłączony, wtedy nie zmierzymy obcych rezystancji (rys. 3.15).



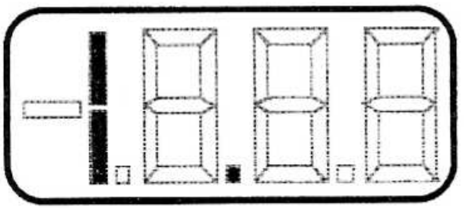
Rys. 3.15
Sposoby pomiaru rezystancji żarówki

Problemy podczas pomiaru rezystancji

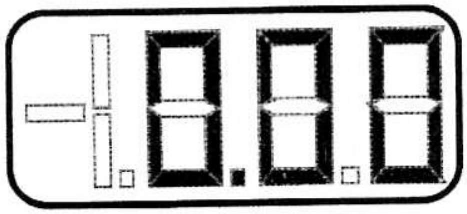
- Wpływ biegunowości przewodów pomiarowych na wynik pomiaru rezystancji. W elementach bezbiegunowych (lampy, rezystory, cewki, przewody) biegunowość nie odgrywa roli. W elementach, takich jak diody czy tranzystory, należy zwracać uwagę na biegunowość przewodów pomiarowych. Pomiar rezystancji np. diod nie ma sensu. Może on służyć jedynie sprawdzeniu ich działania lub biegunowości.
- Wynik pomiaru jest większy, niż ustawiony zakres pomiarowy. Przełączać miernik tak długo na kolejne, wyższe zakresy, aż na wyświetlaczu pojawił się

wynik pomiaru (rys. 3.16). Jeżeli wynik jest widoczny dopiero w zakresie pomiarowym 20 MΩ, oznacza to przerwanie mierzonego obwodu albo uszkodzenie mierzonego elementu.

- Wynik pomiaru jest dużo mniejszy, niż ustawiony zakres pomiarowy. Przełączać tak długo na kolejne, niższe zakresy pomiarowe, aż na wyświetlaczu pojawi się wynik pomiaru (rys. 3.17). Jeżeli wynik jest widoczny dopiero w zakresie pomiarowym 200 Ω, oznacza to zwarcie mierzonego obwodu albo, że rezystancja wynosi 0 Ω.



Rys. 3.16
Za duża wartość pomiaru



Rys. 3.17
Za mała wartość pomiaru

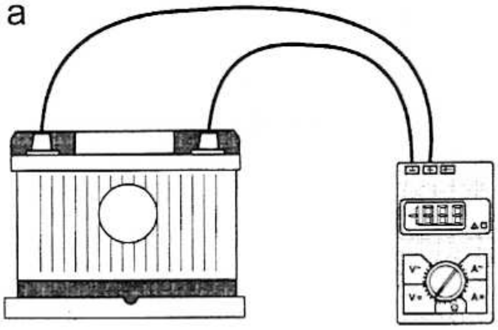
3.8. Podsumowanie: pomiary napięcia, natężenia i rezystancji

Pomiar napięcia w samochodzie

Przykłady
Napięcie akumulatora. (rys. 3.18a)
Napięcie na rozruszniku.
Napięcie prądnicy.
Napięcie na żarówce itp.

Miernik należy podłączyć **równolegle** do mierzonego elementu.

a



Rys. 3.18a
Pomiar napięcia akumulatora w samochodzie

Pomiar natężenia w samochodzie

Przykłady
Prąd w żarówce.
Prąd rozładowania akumulatora.
Pomiary kontrolne w poszukiwaniu usterki itp. (rys. 3.18b)

Miernik należy podłączyć **szeregowo** z mierzonym elementem.

4. Podstawy elektrotechniki

4.1. Prawo Ohma

Za pomocą miernika uniwersalnego mierzymy napięcie na rezystorze, przepływ prądu przez rezystor i rezystancję danego rezystora.

Wskazówka

Indeksy 1, 2 albo 3 obok oznaczenia wielkości, np. U_1, R2, I_3 odnoszą się do odpowiednich elementów. I tak do rezystora R1 jest przyporządkowane napięcie U_1, a do rezystora R2 napięcie U_2.

Przykład pomiaru

$U_1 = 10{,}02\ \mathrm{V}$ $I_1 = 4{,}57\ \mathrm{mA}$ $R_1 = 2{,}17\ \mathrm{k\Omega}$

Przeliczenie wartości zmierzonych na jednostki podstawowe volt, amper i ohm:

$U_1 = 10{,}02\ \mathrm{V}$ $I_1 = 0{,}00457\ \mathrm{A}$ $R_1 = 2170\ \Omega$

Obliczenie

Iloraz napięcia U i natężenia I stanowi wartość rezystancji

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{10{,}02\ \mathrm{V}}{0{,}00457\ \mathrm{A}} = 2193\ \Omega$$

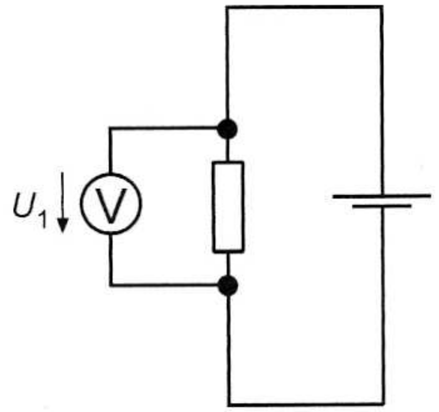
Różnice są spowodowane niedokładnością wskazań, tolerancją mierzonego elementu i włączeniem miernika do obwodu elektrycznego.

Iloraz przyłożonego do rezystora napięcia U i płynącego przez rezystor prądu I jest elektryczną rezystancją R

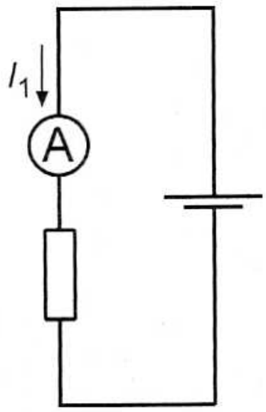
$$R = \frac{U}{I}$$

Napięcie U w V (woltach) (rys. 4.1)
Natężenie I w A (amperach) (rys. 4.2)
Rezystancja R w Ω (omach) (rys. 4.3)

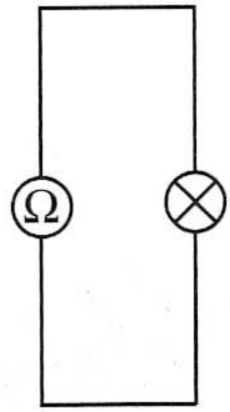
Tę zależność pomiędzy U, I oraz R nazywamy prawem Ohma.



Rys. 4.1
Napięcie U_1 na rezystorze R_1



Rys. 4.2
Natężenie prądu I_1 w rezystorze R_1



Rys. 4.3
Rezystancja R odbiornika

Jeśli jedna z tych trzech wielkości U, I albo R ma pozostać stała (constans), to na podstawie prawa Ohma wynikają następujące zależności pomiędzy nimi:

$$U = \text{constans: } U = R \cdot I$$

Im większa jest rezystancja, tym mniejsze jest natężenie prądu.

$$I = \text{constans: } I = \frac{U}{R}$$

Im większa rezystancja, tym wyższe napięcie.

$$R = \text{constans: } R = \frac{U}{I}$$

Im większe napięcie, tym większe natężenie prądu.

Rezystancję określa się w elektrotechnice symbolem R. Element o określonej rezystancji nazywa się rezystorem.

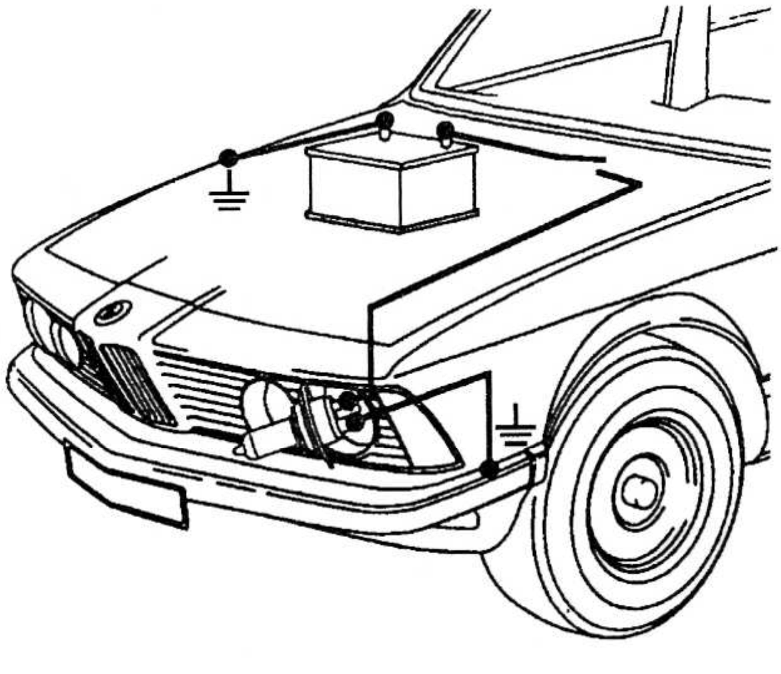
4.2. Straty napięcia

4.2.1. Napięcie w zamkniętym obwodzie elektrycznym

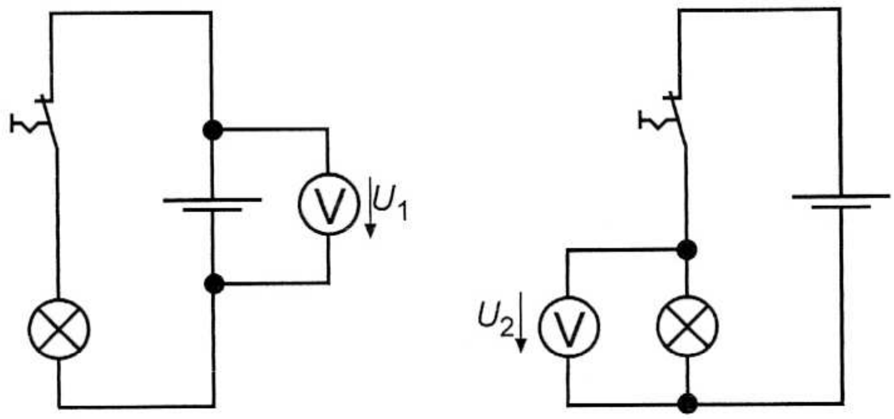
W obwodzie elektrycznym samochodu odbiorniki prądu (lampy, rozrusznik, sygnał dźwiękowy itd.) są połączone przewodami elektrycznymi ze źródłem napięcia (akumulator, prądnica). Rezystancja przewodów, bezpieczników itp. jest niepożądaną przeszkodą dla przepływu prądu. Ruch elektronów we wnętrzu przewodnika jest hamowany na skutek tarcia i zderzania się z innymi atomami.

Kiedy przez te wszystkie przeszkody (rezystory) popłynie prąd, wówczas zgodnie z prawem Ohma musi nastąpić spadek napięcia. Taki spadek nazywamy **stratą napięcia**.

W celu dokładnego zbadania spadku napięcia, a tym samym straty napięcia, przyjrzyjmy się obwodowi elektrycznemu reflektora (rysunki 4.4 i 4.5). Składa się on ze źródła napięcia (akumulatora), złącza, przewodu doprowadzającego, odbiornika (żarówka) i przewodu powrotnego poprzez nadwozie.



Rys. 4.4
Obwód elektryczny światła reflektora przedniego w samochodzie



Rys. 4.5
Napięcie akumulatora U_1 i napięcie na odbiorniku U_2

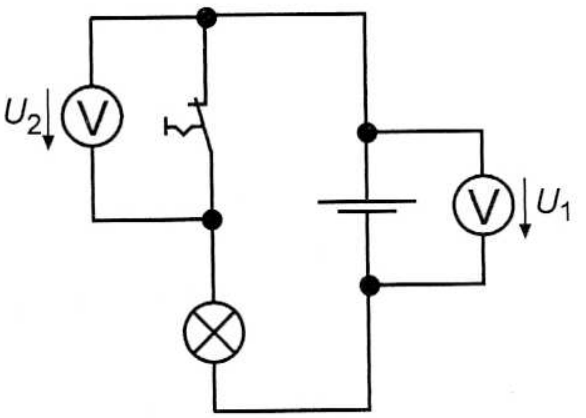
W zamkniętym obwodzie elektrycznym napięcie na odbiorniku jest mniejsze od napięcia akumulatora o spadek napięcia w złączu i przewodach.

4.2.2 **Napięcie w otwartym obwodzie elektrycznym** (rys. 4.6)

W otwartym obwodzie elektrycznym, na złączu napięcie jest zawsze takie samo jak w akumulatorze. Ponieważ nie płynie żaden prąd, więc nie występują spadki napięcia z powodu rezystancji odbiorników (przewody, żarówki, itp.)

Powiedzenie: Nie ma omów bez przepływu elektronów.

Aby napięcie na odbiornikach, np. na żarówkach świateł pozycyjnych, zanadto nie spadło, a tym samym natężenie światła żarówek nie było zbyt małe, należy ograniczyć do minimum straty napięcia w instalacji samochodowej. Rezystancja zestyków i złączy, zanieczyszczonych końcówek biegunowych akumulatora, obluzowanych zacisków do masy wywołuje szkodliwe spadki napięcia.



Rys. 4.6
Pomiar napięcia akumulatora U_1 i napięcia U_2 przy otwartym zestyku

Dopuszczalne spadki napięcia w instalacji o napięciu znamionowym 12 V, według normy DIN 72551

Połączenie akumulator – rozrusznik w chwili uruchamiania	0,5 V
Połączenie prądnica – akumulator (przy napięciu znamionowym)	0,4 V
Pozostałe połączenia (żarówki itp.):	
do 15 W (przewody doprowadzające i powrotne)	0,6 V
ponad 15 W (przewody doprowadzające i powrotne)	0,9 V

4.3. Moc elektryczna

Trzy wielkości: natężenie, napięcie i rezystancja są powiązane ze sobą **prawem Ohma**. Elektrony (natężenie I) muszą się „przeciskać" przez odbiornik (rezystancja R). Wykonują przy tym pożyteczną pracę; może to być zamiana energii elektrycznej na ciepło w grzejniku, światło w żarówce albo energię mechaniczną w silniku elektrycznym. Im więcej elektronów (prądu) bierze w tym udział albo im większe jest ciśnienie (napięcie), tym większe są efekty. Moc elektryczna P wynika z napięcia U i natężenia prądu I.

$$P = U \cdot I$$

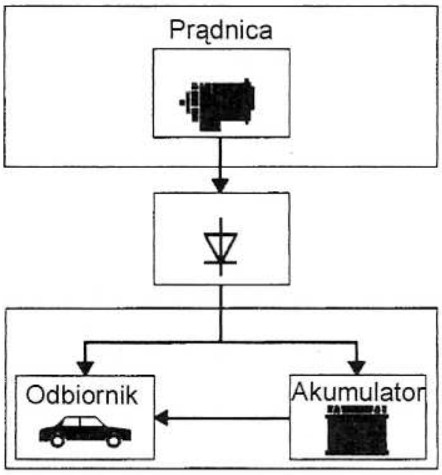
Moc oznaczamy literą P, a jednostkę mocy W (wat).

Przykład (rys. 4.7)
Kiedy w instalacji samochodowej 12 V przepływa prąd o natężeniu 5 A przez włókno żarówki H4 świateł drogowych, wówczas żarówka pobiera moc 60 W. Im więcej mocy potrzebuje odbiornik, tym większe jest obciążenie instalacji w samochodzie. Przy wyłączonym silniku, a tym samym prądnicy, akumulator rozładowuje się proporcjonalnie do zapotrzebowania mocy odbiorników i czasu ich pracy. Jeżeli zapomnimy o wyłączeniu świateł, pobór mocy żarówek może doprowadzić do bardzo szybkiego rozładowania akumulatora.
Moc silników spalinowych mierzono wcześniej w koniach mechanicznych (KM). Od kilku lat znormalizowaną jednostką mocy silnika jest kilowat.

Przy tym:

1 kW = 1,359 KM
1 KM = 0,736 kW = 736 W

Silnik 60-konny jest teraz silnikiem 44-kilowatowym (60 KM · 0,736 = 44,15 kW). Mówimy o 44 kW, gdyż przy podawaniu mocy silnika, zawsze zaokrągla się ją do pełnych kilowatów.



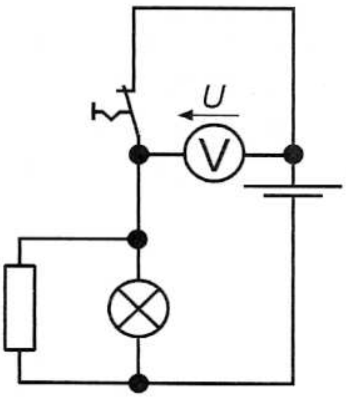
Rys. 4.7
Moc prądnicy, pojemność akumulatora i zapotrzebowanie mocy odbiorników muszą być optymalnie dobrane

Wpływ dodatkowych odbiorników na spadek napięcia w przewodach (rys. 4.8)

Dodatkowe oświetlenie (np. reflektory dodatkowe) często jest montowane szeregowo z istniejącym obwodem seryjnych świateł.

Spadek napięcia w przewodach jest większy, jeżeli podłączy się do nich dodatkowe odbiorniki. Dlatego w odbiornikach, np. w żarówce, jej wydajność świetlna znacznie spada, ponieważ w przewodzie następuje duży **spadek napięcia.** Jednocześnie przewody są przeciążone i nagrzewają się.

Po podłączeniu dodatkowych odbiorników należy zawsze założyć nowe, możliwie najkrótsze, przewody o odpowiednio dużym przekroju.



Rys. 4.8
Spadek napięcia U przy włączonym równolegle dodatkowym odbiorniku (rezystorze)

Większość przewodów w samochodzie, wykonanych z miedzi, ma określoną długość. Ograniczenie spadków napięcia jest możliwe tylko dzięki właściwemu doborowi ich przekroju (tablica 4.1).

Tablica 4.1. *Dopuszczalne obciążenia przewodów miedzianych*

Przekrój znamionowy [mm^2]	Dopuszczalny trwały prąd [A]
0,5	11
0,75	15
1,5	24
2,5	32
4,0	42
10	73
16	98

4.4. Rezystywność przewodnika

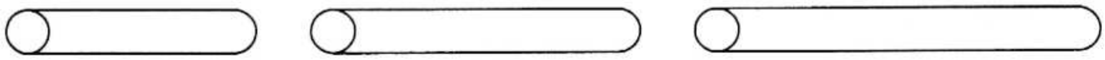
Wpływ długości przewodnika (rys. 4.9).



Rys. 4.9
Elektrony muszą przebyć dłuższą drogę

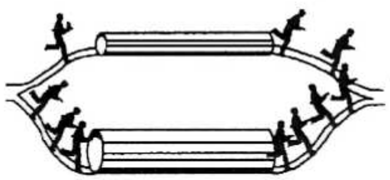
Długość przewodnika

mniejsza l =1 m większa



Taki sam przekrój.
Im dłuższy przewodnik, tym większa rezystancja.

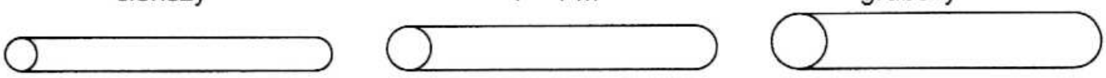
Wpływ przekroju przewodnika A (rys. 4.10)



Rys. 4.10
Elektrony wędrują chętniej przez duży otwór

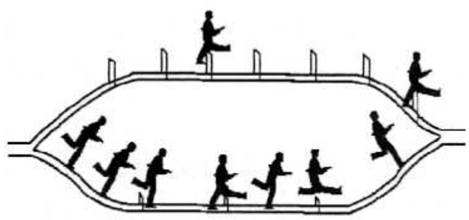
Przekrój

cieńszy l = 1 m grubszy



Im większy przekrój, tym mniejsza rezystancja.

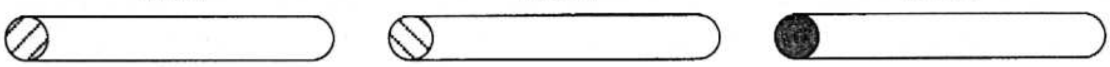
Wpływ materiału (rys. 4.11)



Rys. 4.11
Niektóre materiały są dla elektronów wielką przeszkodą

Materiał, z którego wykonano przewodnik

nikiel miedź srebro



Są dobre i złe przewodniki.

Rezystancja materiału przewodnika o długości 1 m i przekroju 1 mm^2 w temperaturze 20°C nazywa się rezystywnością ρ.

Znając długość przewodnika l, jego przekrój A i rezystywność ρ (stała materiału), rezystancję R przewodnika można wyrazić za pomocą wzoru

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

gdzie:
R – rezystancja przewodnika w Ω,
ρ – rezystywność w Ω·m lub $\Omega \cdot mm^2/m$,
l – długość przewodnika w m lub mm,
A – pole przekroju poprzecznego przewodnika w m^2 lub mm^2.

Tablica 4.2. *Rezystywność różnych metali*

Materiał przewodnika	Rezystywność ρ [$\Omega \cdot mm^2/m$]
Srebro	0,016
Miedź	0,0178
Aluminium	0,029
Żelazo	0,10

4.5. Połączenia równoległe i szeregowe

4.5.1. Połączenie szeregowe

Problem

Dlaczego przy uszkodzonym bezpieczniku przez odbiornik nie płynie prąd?

Rozwiązanie

Bezpiecznik jest połączony z odbiornikiem szeregowo (rys. 4.12).

Przykłady połączeń szeregowych w samochodzie
Oświetlenie tablicy rozdzielczej, dmuchawa ogrzewania o kilku prędkościach, cewka zapłonowa z rezystorami wstępnymi, rezystory przeciwzakłóceniowe, świece żarowe starszego rodzaju.

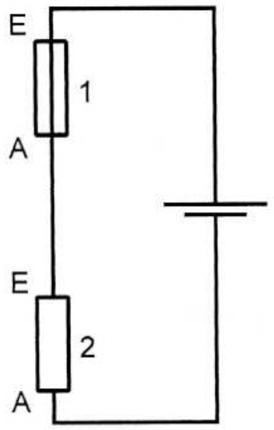
W połączeniach szeregowych obwód w żadnym miejscu nie może się rozgałęziać na kilka obwodów. Przerwa w jednym miejscu powoduje przerwanie całego obwodu.

Napięcie (rys. 4.13)

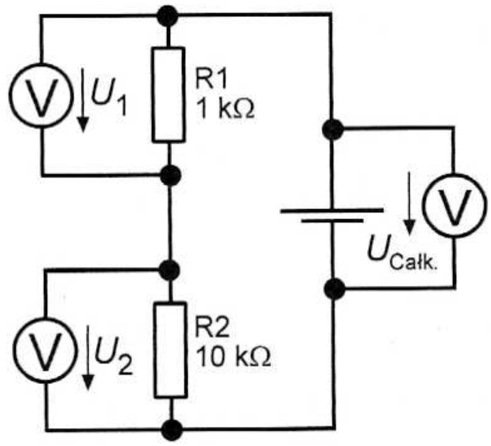
W połączeniu szeregowym w każdym odcinku przewodnika jest część napięcia całego obwodu. W miejscach o większej rezystancji jest także większe napięcie.

W połączeniu szeregowym suma napięć składowych stanowi napięcie całkowite obwodu.

$$U_{Całk} = U_1 + U_2$$



Rys. 4.12
Połączenie szeregowe: wyjście A bezpiecznika 1 połączone z wejściem E odbiornika 2

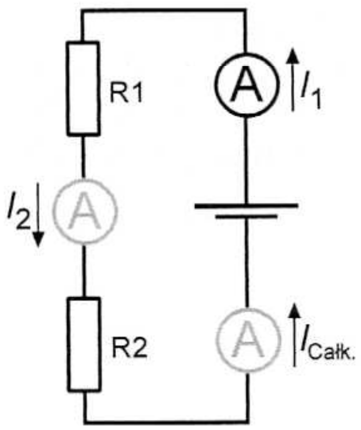


Rys. 4.13
Napięcia przy połączeniu szeregowym

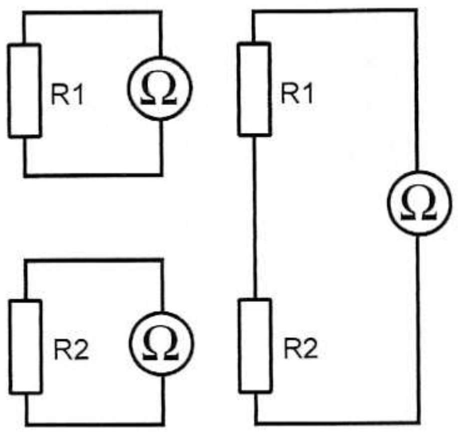
Natężenie prądu (rys. 4.14)

W połączeniu szeregowym we wszystkich miejscach obwodu płynie taki sam prąd. Cechą szczególną połączenia szeregowego jest niezmienność natężenia prądu.

$$I_{\text{Całk}} = I_1 = I_2$$



Rys. 4.14
Natężenia przy połączeniu szeregowym



Rys. 4.15
Pomiar rezystancji składowych i zastępczej

Rezystancja (rys. 4.15)

Całkowita rezystancja $R_{Całk}$ jest większa, aniżeli poszczególne rezystancje R_1 albo R_2. Suma R_1 i R_2 jest rezystancją całkowitą $R_{\text{Całk}}$.

W połączeniu szeregowym całkowita rezystancja (rezystancja zastępcza) jest równa sumie rezystancji składowych.

$$R_{\text{Całk}} = R_1 + R_2$$

4.5.2. Połączenie równoległe

Problem

Dlaczego po przepaleniu się jednej żarówki w samochodzie, np. światła tylnego, działają jednak wszystkie pozostałe światła?

Rozwiązanie

Żarówki w samochodzie są połączone ze źródłem napięcia równolegle (rys. 4.16).

Przykłady połączeń równoległych w samochodzie:
Wszelkiego rodzaju oświetlenie, ogrzewanie szyby tylnej, świece żarowe nowszego rodzaju.

W obwodach równoległych prąd rozdziela się na poszczególne odbiorniki. Awaria jednego z nich nie ma wpływu na działanie pozostałych odbiorników.

Napięcie

Napięcia U_1 i U_2 są takie same, jak napięcie całkowite $U_{Całk}$ (rys. 4.17). Cechą wyróżniającą połączenie równoległe jest niezmienność napięcia.

W każdej gałęzi obwodu w połączeniu równoległym występuje jednakowa wartość napięcia.

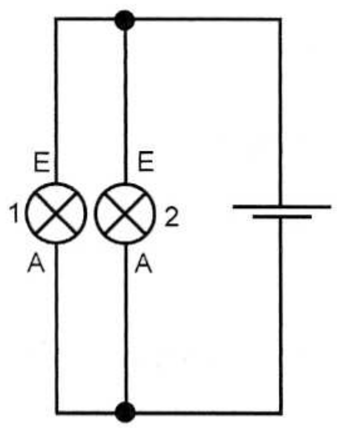
$$U_{Całk} = U_1 = U_2$$

Natężenie prądu

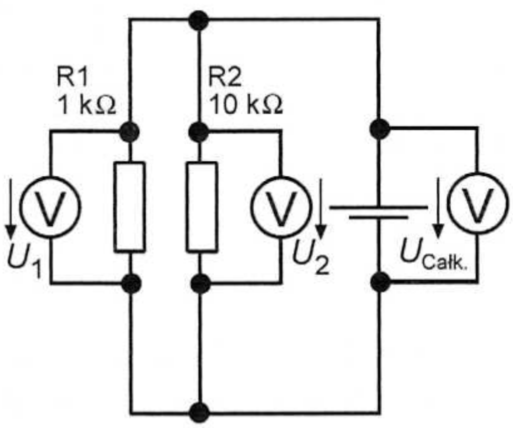
Prąd przewodami rozpływa się do poszczególnych odbiorników. Prądy płynące przez poszczególne odbiorniki nazywamy prądami składowymi. Przy mniejszej rezystancji płynie większy prąd. Prądy składowe I_1 oraz I_2 tworzą prąd całkowity $I_{Całk}$ (rys. 4.18).

Suma natężeń składowych tworzy natężenie całkowite.

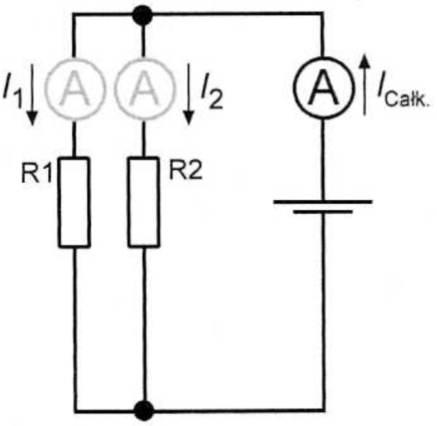
$$I_{Całk} = I_1 + I_2$$



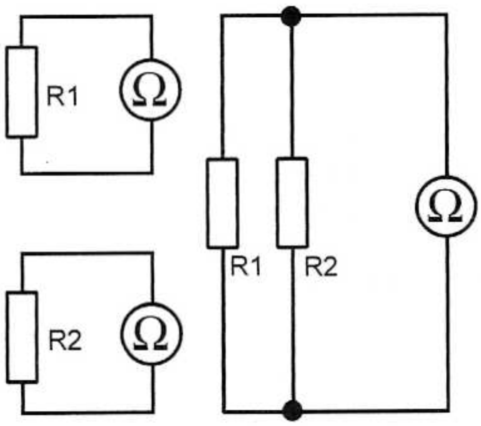
Rys. 4.16
Połączenie równoległe: wszystkie wejścia E i wszystkie wyjścia A połączone odpowiednio z tym samym biegunem źródła napięcia



Rys. 4.17
Napięcia przy połączeniu równoległym



Rys. 4.18
Natężenia przy połączeniu równoległym



Rys. 4.19
Pomiar rezystancji składowych i rezystancji zastępczej

Rezystancja

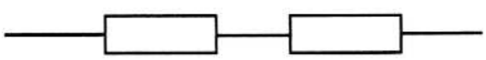
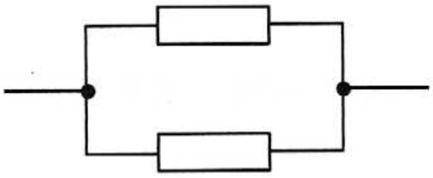
Rezystancja całkowita $R_{Całk}$ (*rezystancja zastępcza*) jest mniejsza, aniżeli poszczególne rezystancje składowe R_1 i R_2 (rys. 4.19).

Rezystancja całkowita jest zawsze mniejsza od najmniejszej rezystancji składowej.

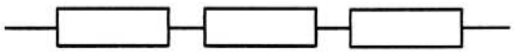
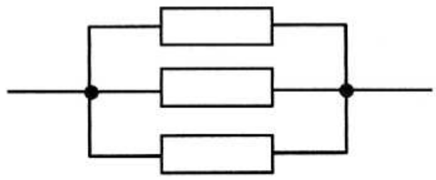
$$\frac{1}{R_{Całk}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \qquad R_{Całk} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

4.5.3. Przegląd

Tablica 4.3.

Połączenie szeregowe	Połączenie równoległe
	
Napięcie	
Napięcie całkowite jest sumą napięć składowych $U_{Całk} = U_1 + U_2$	Na każdym rezystorze występuje napięcie całkowite $U_{Całk} = U_1 = U_2$
Prąd	
W każdym miejscu obwodu jest takie samo natężenie prądu $I_{Całk} = I_1 = I_2$	Natężenie całkowite jest sumą natężeń składowych $I_{Całk} = I_1 + I_2$

Tablica 4.3 cd.

Rezystancja	
Rezystancja całkowita jest sumą rezystancji składowych $R_{Całk} = R_1 + R_2$	Rezystancja całkowita jest mniejsza od najmniejszej rezystancji składowej $\frac{1}{R_{Całk}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $\quad \frac{1}{R_{Całk}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$
Po dodaniu kolejnego rezystora powstaje następujący układ:	
	
Napięcie	
Napięcie rozdziela się proporcjonalnie do wartości rezystancji	Napięcie pozostaje takie samo
Prąd	
Natężenie całkowite jest mniejsze	Natężenie całkowite jest większe
Rezystancja	
Rezystancja całkowita jest większa $R_{Całk} = R_1 + R_2 + R_3$	Rezystancja całkowita jest mniejsza $\frac{1}{R_{Całk}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

4.6. Obwody mieszane

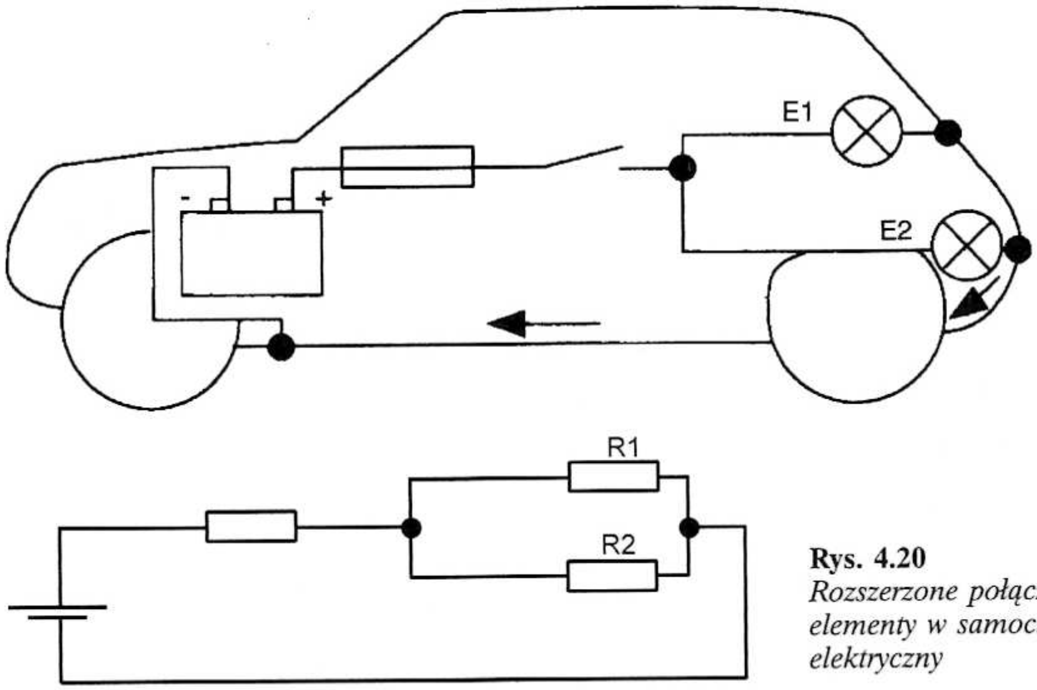
Problem

Prawie zawsze w samochodzie są obwody, które nie są tylko połączeniami szeregowymi lub tylko równoległymi. W rzeczywistości to kombinacje obu rodzajów połączeń. Takie połączenia nazywamy **mieszanymi**.

Przykład
Obwód elektryczny świateł hamowania w samochodzie.

4.6.1. Rozszerzone połączenie szeregowe

Obwód świateł hamowania jest zasilany prądem z akumulatora poprzez bezpiecznik i włącznik świateł hamowania, przewodem głównym prowadzącym do bagażnika. Tutaj następuje rozgałęzienie tego przewodu do lewego i prawego światła hamowania. Przewodem powrotnym jest masa (nadwozie).



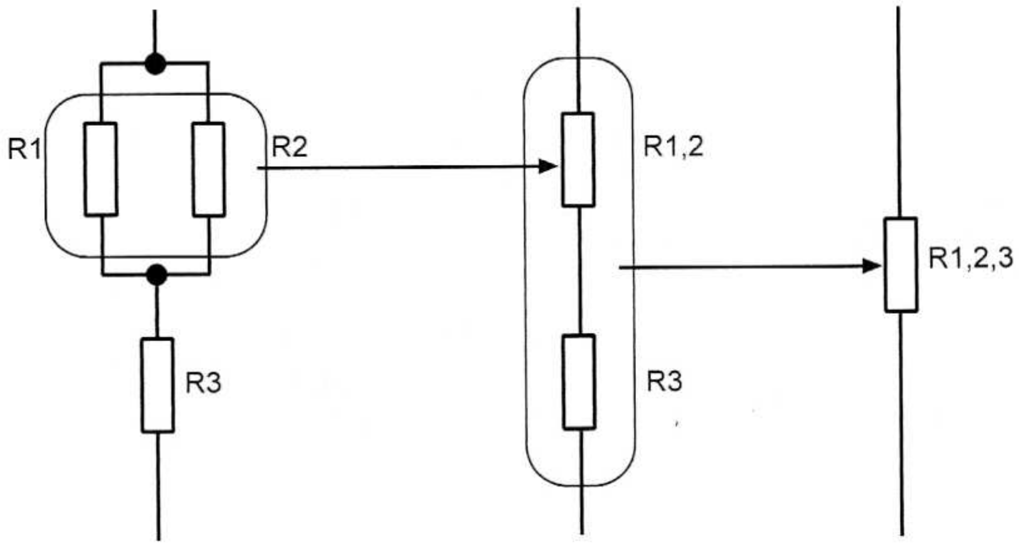
Rys. 4.20
Rozszerzone połączenie szeregowe: elementy w samochodzie i schemat elektryczny

Włącznik, bezpiecznik i przewód doprowadzający aż do miejsca jego rozgałęzienia są jednym rezystorem o połączeniu szeregowym, które przechodzi w połączenie równoległe obu świateł hamowania.

Takie połączenie nazywamy **rozszerzonym połączeniem szeregowym** (rys. 4.20).

Ustalenie całkowitej rezystancji

W rozszerzonym połączeniu szeregowym można najpierw wszystkie szeregowo połączone rezystory połączyć w jedną tzw. rezystancję zastępczą (rys. 4.21).



Rys. 4.21
Ustalenie całkowitej rezystancji złożonego połączenia szeregowego

Połączenie zostaje, dla uproszczenia, sprowadzone do jednego połączenia szeregowego.

Przykład

$R_1 = 470\ \Omega$

$R_2 = 1\ \text{k}\Omega$

$R_3 = 2{,}2\ \text{k}\Omega$

Krok 1.

Obliczenie rezystancji zastępczej $R_{1,2}$ w obwodzie połączonym równolegle, składającym się z rezystorów R1 i R2.

$$R_{1,2} = \frac{470 \cdot 1000}{470 + 1000} \approx 320\ \Omega$$

Rezystory o takim samym napięciu są połączone równolegle.

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Krok 2.

Obliczenie rezystancji całkowitej $R_{1,2,3}$ z połączenia szeregowego R1,2 i R3.

$$R_{1,2,3} = 320 + 2200 = 2520\ \Omega$$

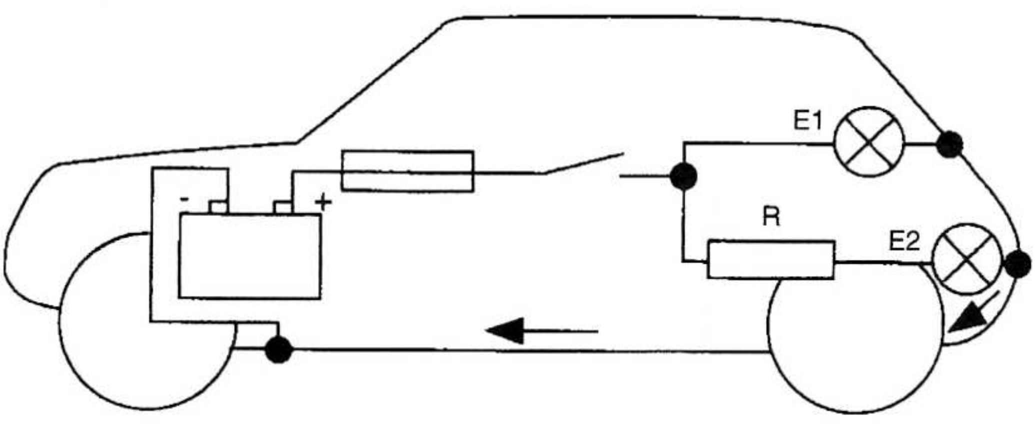
Rezystory o takim samym natężeniu prądu są połączone szeregowo.

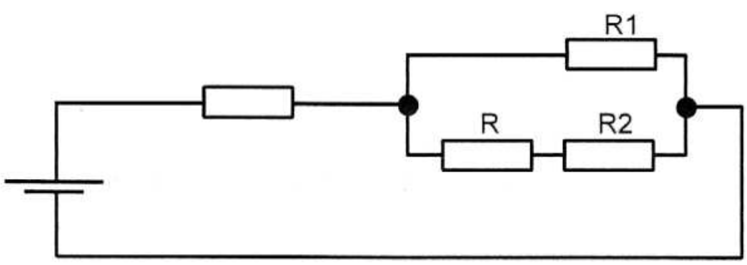
R1,2,3 = R1 + R2 + R3

4.6.2. Rozszerzone połączenie równoległe

Jeżeli na skutek np. korozji w oprawce lampy świateł hamowania powstanie tzw. rezystancja przejścia *R*, wówczas w tym miejscu pojawi się, podłączony szeregowo, dodatkowy rezystor, którego nie ma w drugiej lampie.

Ten dodatkowy rezystor R połączony jest z żarówką E2 szeregowo. Jednak wspólnie, z pozostałą żarówką E1 tworzą one połączenie równolegle. Takie połączenie nazywamy **rozszerzonym połączeniem równoległym** (rys. 4.22).





Rys. 4.22
Złożone połączenie równoległe: elementy w samochodzie i schemat elektryczny

W rozszerzonym połączeniu równoległym można najpierw skomasować połączone w szereg rezystory i obliczyć ich rezystancję zastępczą. Dla uproszczenia cały obwód traktujemy jako połączenie szeregowe.

Przykład
$R_1 = 470\ \Omega$
$R_2 = 1\ \mathrm{k\Omega}$
$R_3 = 2{,}2\ \mathrm{k\Omega}$

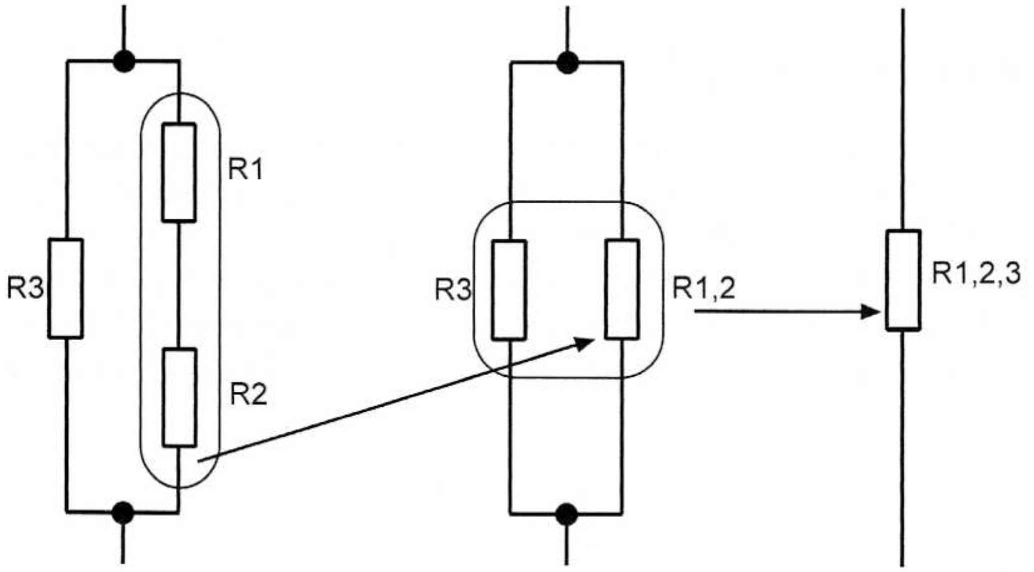
Krok 1.
Obliczenie rezystancji zastępczej $R_{1,2}$ dla obu połączonych szeregowo rezystorów R1 i R2.

$$R_{1,2} = 470 + 1000 = 1470\ \Omega$$

Rezystory o takim samym natężeniu prądu są połączone szeregowo.

R1,2 = R1 + R2

Krok 2.
Obliczenie rezystancji całkowitej $R_{1,2,3}$ połączenia równoległego R1,2 oraz R3 (rys. 4.23).



Rys. 4.23
Rezystancja całkowita złożonego połączenia równoległego

$$R_{1,2,3} = \frac{1470 \cdot 2200}{1470 + 2200} \approx 881\ \Omega$$

Rezystory o takim samym napięciu są połączone równolegle.

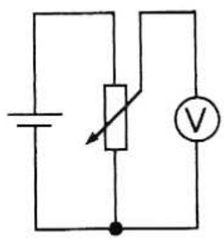
$$R_{1,2,3} = \frac{R_{1,2} \cdot R_3}{R_{1,2} + R_3}$$

4.7. Dzielnik napięcia, potencjometr

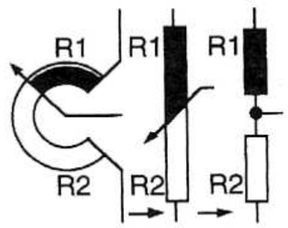
Potencjometr jest regulowanym dzielnikiem napięcia. Za pomocą pokrętła można uzyskać różne wartości rezystancji.

4.7.1. Nieobciążony dzielnik napięcia

Obracając pokrętło potencjometru można zmieniać napięcie *U* w zakresie od 0 V do napięcia akumulatora $U_{(B)}$ (rysunki 4.24 i 4.25).



Rys. 4.24
Potencjometr bez obciążenia

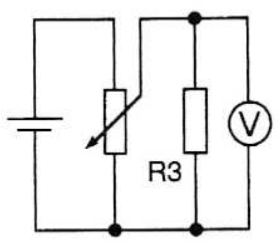


Rys. 4.25
Nieobciążony potencjometr jako połączenie szeregowe dwóch rezystorów

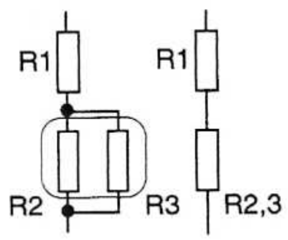
Bez obciążenia potencjometr stanowi szeregowe połączenie dwóch rezystorów R1 *i* R2*, których łączna rezystancja jest zawsze stała.*

4.7.2. Obciążony dzielnik napięcia

Pod obciążeniem napięcie składowe, przy takim samym ustawieniu potencjometru, jest mniejsze, aniżeli bez obciążenia. Na skutek podłączenia obciążenia w postaci rezystora R3 z początkowego połączenia szeregowego dwóch rezystorów utworzyło się połączenie mieszane trzech rezystorów. Rezystancja rezystora zastępczego R2,3 jest, dzięki połączeniu równoległemu, mniejsza, aniżeli rezystora R2. W ten sposób napięcie *U* jest mniejsze, gdyż R1 pozostaje bez zmian (rysunki 4.26 i 4.27).



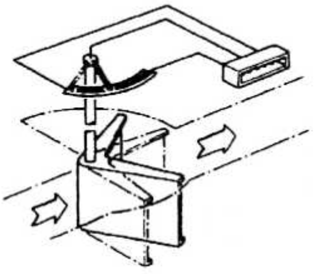
Rys. 4.26
Potencjometr z obciążeniem



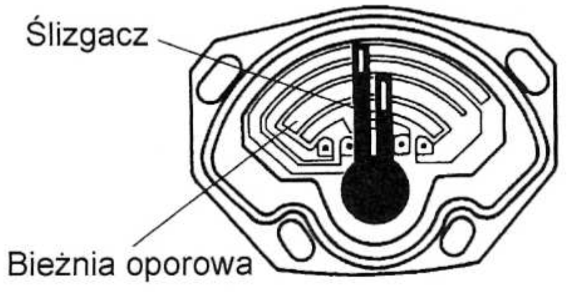
Rys. 4.27
Obciążony dzielnik napięcia jako połączenie mieszane

Za pomocą dzielnika napięcia o zmiennej rezystancji, czyli potencjometru, w zależności od ustawienia można wybierać różne napięcia. W celu uniknięcia znacznego spadku napięcia w dzielniku, rezystor obciążający (rezystancja odbiornika) nie powinien być zbyt mały.

Przykłady dzielników napięcia w samochodzie pokazano na rysunkach 4.28 i 4.29.



Rys. 4.28
Zasada działania przepływomierza powietrza

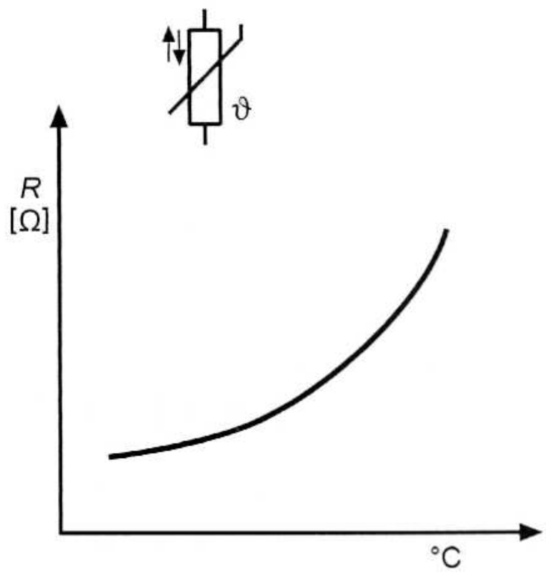


Rys. 4.29
Ustalanie obciążenia za pomocą potencjometru przepustnicy w Mono-Jetronic/Motronic

4.8. Rezystory zależne od temperatury

4.8.1. Rezystory PTC

Skrót pochodzi od nazwy **P**ositive **T**emperature **C**oefficient. Właściwości rezystora PTC (rys. 4.30):



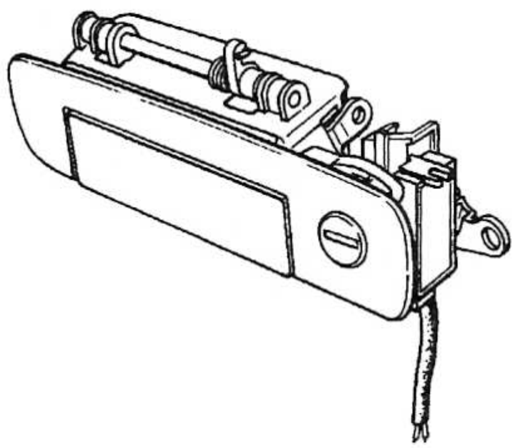
Rys. 4.30
Symbol graficzny i charakterystyka rezystora PTC

Im wyższa temperatura, tym większa rezystancja. Im niższa temperatura, tym rezystancja jest mniejsza. Rezystory, które w stanie zimnym lepiej przewodzą prąd niż po ogrzaniu nazywamy nadprzewodnikami.

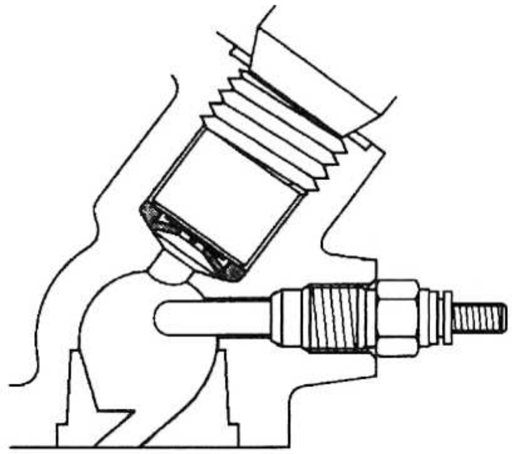
Przykłady
Wstępne podgrzewanie powietrza w rurze dolotowej silnika, trzpieniowe świece żarowe, podgrzewanie siedzenia, ogrzewanie tylnej szyby, lusterek zewnętrznych i zamków drzwi (rysunki 4.31 i 4.32).

Zalety rezystorów PTC jako elementów grzejnych

Rezystor PTC jako element grzejny ma tę wielką zaletę, że samoczynnie reguluje stopień nagrzania.



Rys. 4.31
Element grzejny zamka w drzwiach



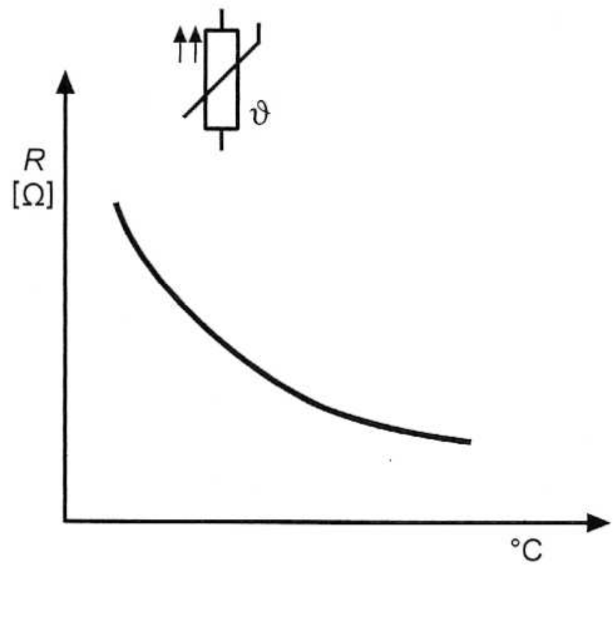
Rys. 4.32
Trzpieniowa świeca żarowa w silnikach wysokoprężnych o wtrysku pośrednim

Przy wzroście temperatury rośnie także jego rezystancja. Dzięki temu przy tym samym napięciu spada natężenie prądu i efekt grzejny się zmniejsza.

Wzrost temperatury
↓
Wzrost rezystancji
↓
Spadek natężenia (przy stałym napięciu)
↓
Mniejszy efekt grzejny

4.8.2. Rezystory NTC

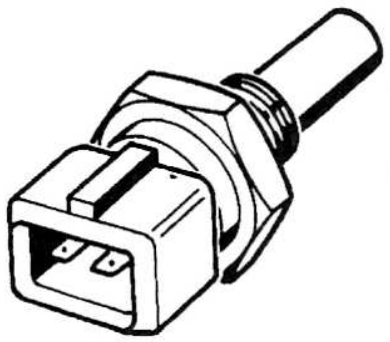
Skrót NTC pochodzi od nazwy **N**egative **T**emperature **C**oefficient. Właściwości rezystora NTC (rys. 4.33):



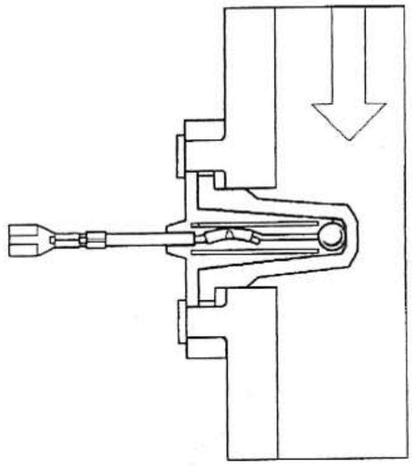
Rys. 4.33
Symbol graficzny i charakterystyka rezystora NTC

Im wyższa temperatura, tym mniejsza rezystancja. Rezystory, które w stanie gorącym lepiej przewodzą prąd niż zimne nazywamy termistorami.

Przykłady
Czujniki temperatury cieczy chłodzącej, powietrza i oleju. Pomiar temperatury na zewnątrz i wewnątrz samochodu (rysunki 4.34 i 4.35)



Rys. 4.34
Czujnik temperatury cieszy chłodzącej



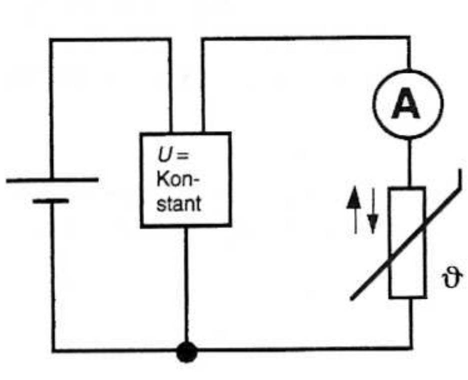
Rys. 4.35
Czujnik temperatury powietrza zasysanego w przepływomierzu powietrza

4.8.3. Rezystory zależne od temperatury (w samochodach)

Możliwości podgrzewania rezystorów zależnych od temperatury

- Podgrzewanie obce:
  przez zewnętrzne źródło ciepła np. przez ciecz chłodzącą silnika, zasysane powietrze itp. Metoda stosowana głównie przy **rezystorach NTC.**
- Podgrzewanie własne:
  w wyniku przepływu prądu przez rezystor np. w elementach grzejnych. Metoda stosowana głównie w **rezystorach PTC.**

Rezystor NTC jako czujnik wskaźnika temperatury cieczy chłodzącej (rys. 4.36)
Czujnik jest zasilany prądem o stałym napięciu np. 10 V. Wskaźnik temperatury silnika w zestawie wskaźników jest miernikiem natężenia prądu. W miarę podgrzewania czujnika temperatury zmniejsza się jego rezystancja. Przy stałym napięciu natężenie prądu jest coraz większe i wskazówka wychyla się coraz bardziej.

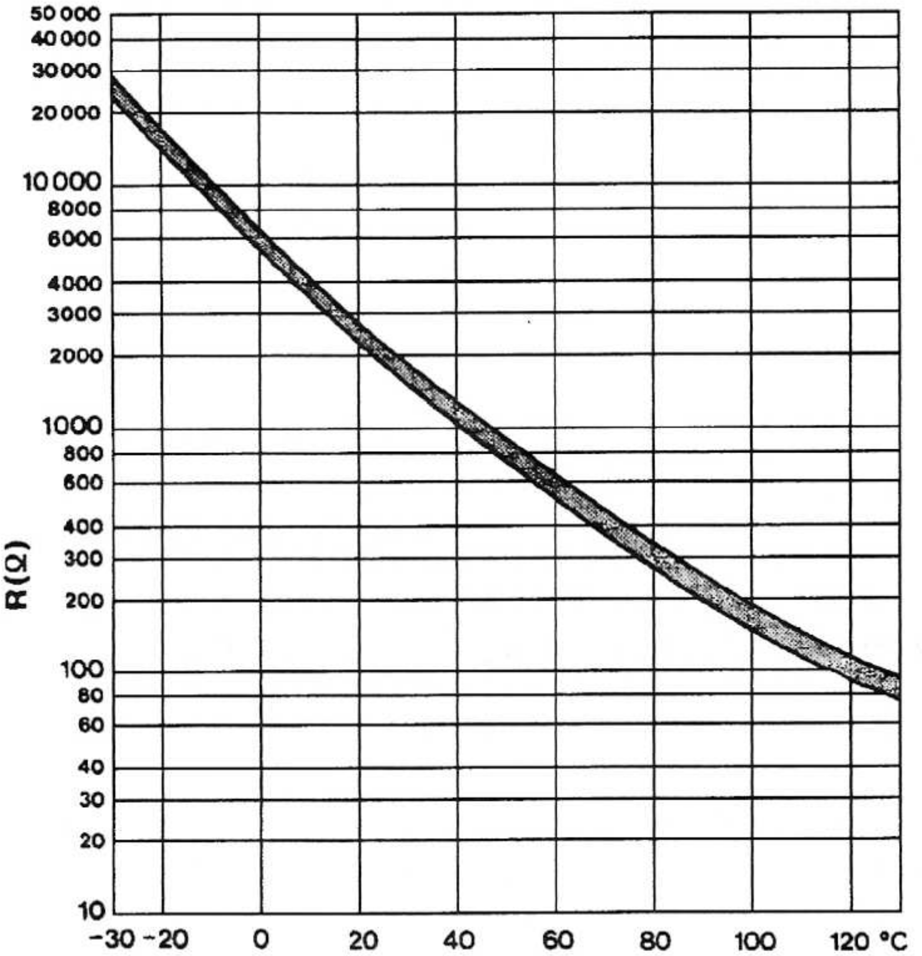


Rys. 4.36
Schemat ideowy rezystora NTC jako czujnika temperatury

Temperatura rośnie → rezystancja zmniejsza się → natężenie prądu rośnie (przy stałym napięciu) → wskaźnik pokazuje silnik gorący.

Sprawdzanie działania czujnika temperatury (rys. 4.37)

Podłączamy czujnik temperatury do multimetru nastawionego na pomiar rezystancji. Następnie podgrzewamy czujnik np. zapałką lub zapalniczką. Rezystancja czujnika powinna się zmniejszać.



Rys. 4.37
Charakterystyka czujnika temperatury cieczy chłodzącej (Daimler-Benz)

4.9. Kondensator

4.9.1. Kondensator jako magazyn ładunków elektrycznych

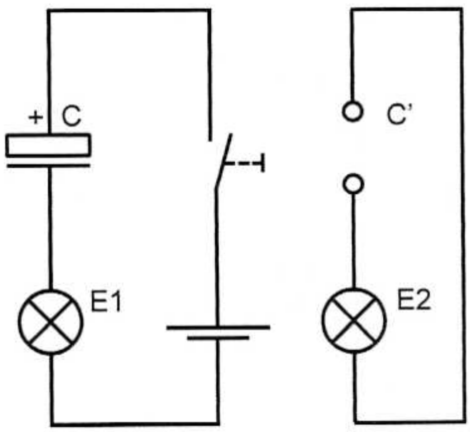
Problem

Kondensator zostaje połączony poprzez żarówkę ze źródłem napięcia. Po zamknięciu obwodu elektrycznego żarówka E1 na krótko rozbłyska. Kondensator zostaje odłączony od lewego obwodu i włączony w obwód prawy w miejscu C' (rys. 4.38).
W obwodzie, składającym się z żarówki E2 i kondensatora, żarówka także na krótko rozbłyska.

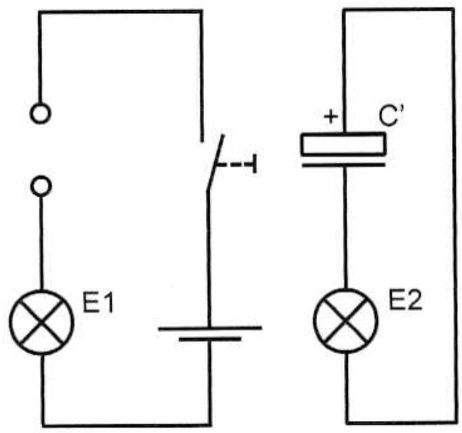
Rozwiązanie

W chwili połączenia (lewy obwód) musiał przez chwilę popłynąć prąd, gdyż żarówka E1 się zapaliła. To samo dotyczy obwodu prawego, który składa się tylko z kondensatora i żarówki E2 (rys. 4.39). Doświadczenie dowodzi, że:

→ *kondensator może gromadzić energię elektryczną.*



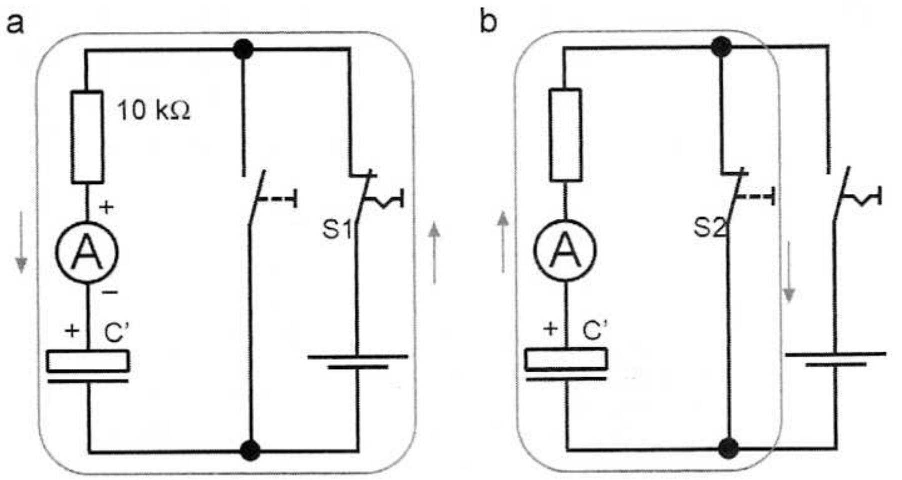
Rys. 4.38
Schemat ładowania kondensatora



Rys. 4.39
Schemat rozładowywania kondensatora

4.9.2. Kierunek przepływu prądu

Zbudujcie stanowisko doświadczalne zgodnie ze schematem (rys. 4.40). Funkcję odbiornika pełni rezystor 10 kΩ.



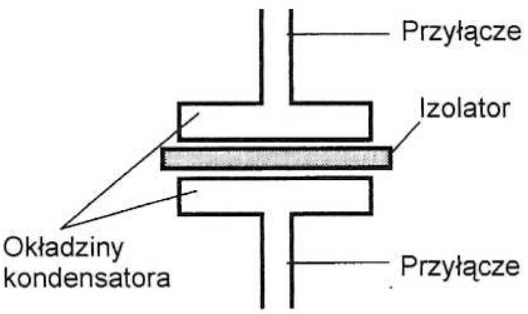
Rys. 4.40
Schemat przepływu prądu:
a) ładowanie kondensatora,
b) rozładowywanie kondensatora

Po zamknięciu obwodu zestykiem przesuwnym S1 miernik pokaże przez krótką chwilę **biegunowość** dodatnią. Oznacza to, że prąd płynie od bieguna dodatniego źródła prądu w kierunku oznaczonej (+) okładziny (bieguna) kondensatora.

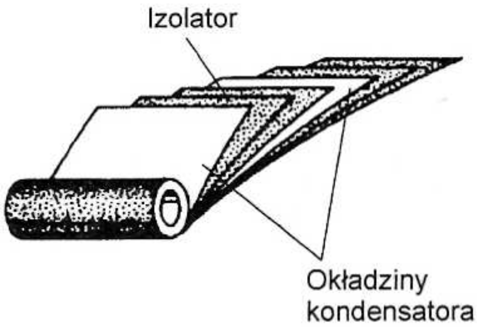
Po przerwaniu obwodu zestykiem S1 i zamknięciu zestyku S2 miernik pokaże przez krótki czas biegunowość ujemną. Oznacza to, że prąd płynie od strony okładziny (bieguna) kondensatora oznaczonej (+).

4.9.3. Budowa

Kondensator składa się z dwóch odizolowanych od siebie okładzin (rys. 4.41). Pojemność (zdolność gromadzenia ładunku) zależy od powierzchni okładzin, a nie od ich grubości. W celu zmieszczenia w niewielkiej przestrzeni jak największej powierzchni okładzin, zwija się w walec dwie metalowe folie, rozdzielone warstwą papieru, pełniącego funkcję izolatora (rys. 4.42).



Rys. 4.41
Budowa kondensatora



Rys. 4.42
Kondensator (realizacja techniczna)

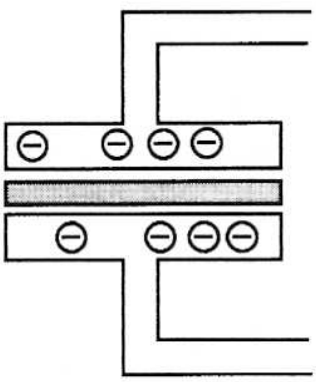
4.9.4. Sposób działania

Kondensator nie naładowany (rys. 4.43)

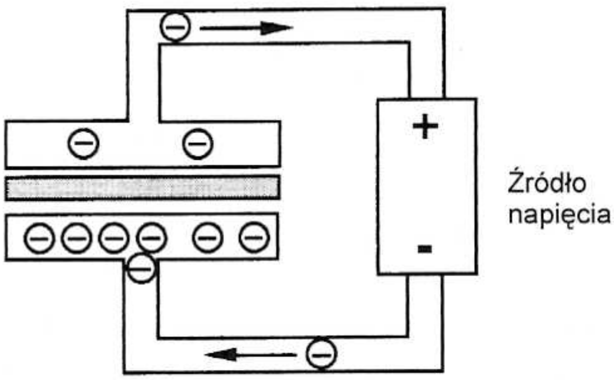
Okładziny są neutralne. Na każdej z nich znajduje się tyle samo ujemnych nośników ładunków (elektronów).

Proces ładowania (rys. 4.44)

Dodatni biegun źródła napięcia odbiera elektrony górnej okładzinie. Ujemny biegun źródła prądu wtłacza tę samą ilość elektronów na dolną okładzinę. W stanie naładowanym napięcie kondensatora jest równe napięciu źródła prądu. Teraz nie płynie już żaden prąd. Kondensator zachowuje się jak izolator.



Rys. 4.43
Schemat kondensatora nie naładowanego



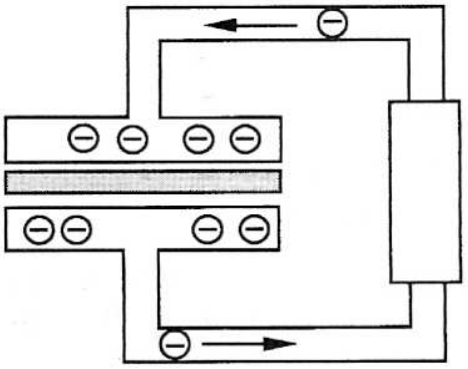
Rys. 4.44
Schemat ładowania kondensatora

Proces rozładowania (rys. 4.45)

Kiedy połączymy obie naładowane okładziny poprzez rezystor, wtedy ładunki mogą się ponownie wyrównać. Napięcie na kondensatorze spada do zera.

Kondensator gromadzi ładunek elektryczny. Zdolność gromadzenia ładunku przez kondensatora nazywamy pojemnością.

Wielkość elektryczna: pojemność
Oznaczenie: C
Jednostka: farad
Skrót: F

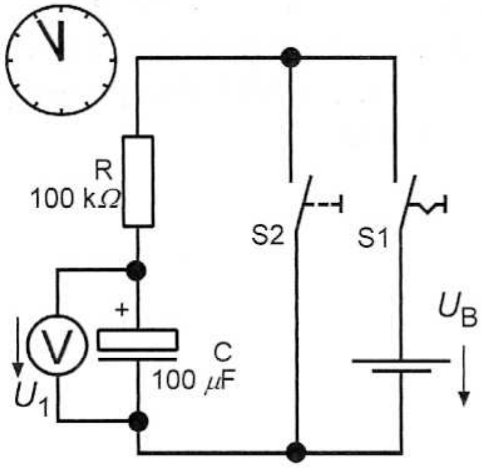


Rys. 4.45
Schemat rozładowywania kondensatora

W kondensatorach elektrolitycznych jedną powierzchnię okładziny tworzy przewodząca elektryczność ciecz (elektrolit). Izolatorem jest warstwa tlenku drugiej powierzchni okładziny.

Aby nie zniszczyć kondensatora, należy zwracać uwagę na właściwą biegunowość.

4.9.5. Przebieg ładowania i rozładowania

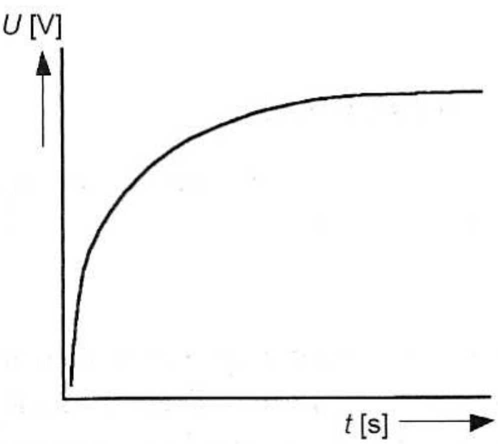


Rys. 4.46
Schemat ładowania i rozładowywania kondensatora

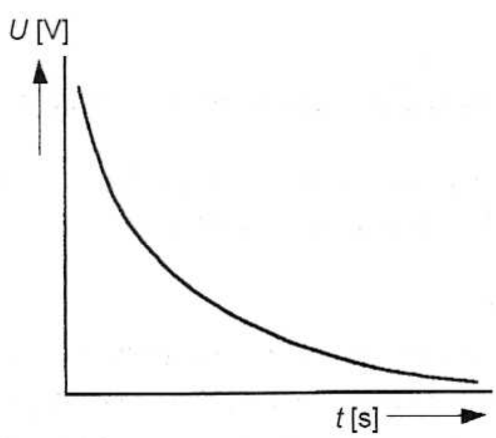
Ładowanie (rys. 4.47)

S1 w pozycji załączony.

Napięcie początkowo rośnie szybko, potem wzrost jest jednak coraz wolniejszy. Potrzeba ok. 70 sekund, aby kondensator więcej się nie ładował.



Rys. 4.47
Przebieg ładowania kondensatora



Rys. 4.48
Przebieg krzywej rozładowywania kondensatora

Rozładowanie (rys. 4.48)

S1 w pozycji rozłączony.
Zestyk S2 w pozycji załączony.
Napięcie początkowo spada szybko, potem spadek jest jednak coraz wolniejszy. Potrzeba również ok. 70 sekund, aby kondensator się rozładował.

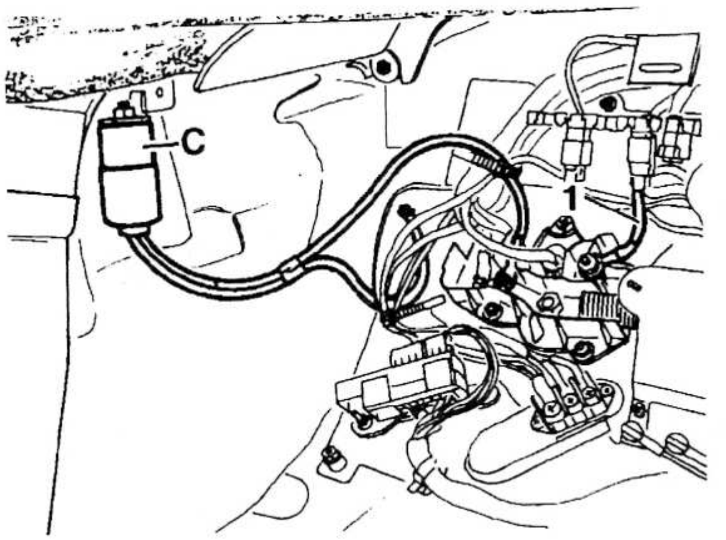
Kiedy kondensator C jest ładowany poprzez rezystor R, *wtedy napięcie* U_C *na kondensatorze rośnie początkowo bardzo szybko, potem coraz wolniej. Podczas rozładowania napięcie spada najpierw bardzo szybko, potem coraz wolniej.*

Wpływ *R* i *C na czas ładowania*

Wielkość rezystancji ładowania i pojemność kondensatora mają wpływ na ładowanie. Naładowanie kondensatora trwa tym dłużej, im większe są rezystancja R i pojemność C kondensatora.

Kondensator jako magazyn ładunków elektrycznych w samochodzie

W samochodach, w których ze względu na rozkład masy albo brak miejsca akumulator umieszczono w bagażniku, po włączeniu odbiorników może dochodzić do spadków napięcia w instalacji. Takim spadkom można zapobiec za pomocą kondensatorów buforowych o dużej pojemności (rys. 4.49).



Rys. 4.49
Kondensator przeciwzakłóceniowy (1) i buforowy C (4700 μF) w Mercedesie serii W 140 (we wnęce na nogi, z przodu po prawej stronie)

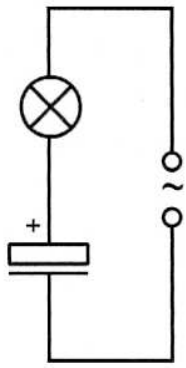
4.9.6. Kondensator w obwodzie prądu przemiennego

Kondensator połączony szeregowo z żarówką włączamy w obwód prądu przemiennego. Stwierdzamy, że żarówka świeci się cały czas!

Wyjaśnienie

Z powodu zmieniającej się biegunowości źródła prądu przemiennego kondensator jest nie tylko ładowany i rozładowywany, ale też „przeładowywany". Przez pojęcie przeładowywania rozumiemy co innego niż ładowanie i rozładowanie kondensatora. Ze zmianą biegunowości źródła napięcia kondensator jest rozładowany przy

odwrotnej biegunowości i przy tej samej biegunowości znowu naładowany (rys. 4.50). Z powodu nieustannie zmieniającej się biegunowości przez żarówkę płynie prąd przemienny i utrzymuje świecenie się jej włókna żarowego.

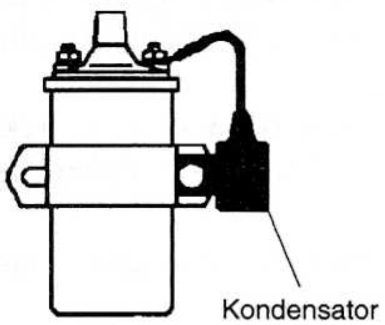


Rys. 4.50
Rezystancja kondensatora przy przepływie prądu przemiennego

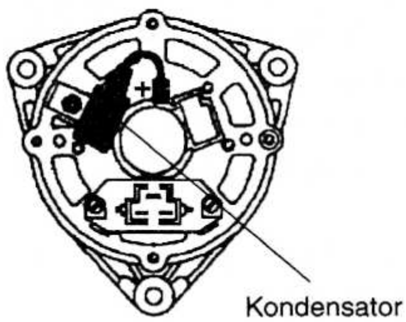
Dla prądu przemiennego kondensator nie stanowi nieskończenie wielkiej rezystancji. Im większa jest częstotliwość prądu przemiennego, tym mniejsza jest rezystancja kondensatora.

4.9.7. Kondensator jako element przeciwzakłóceniowy w samochodzie

Z powodu powstawania iskry w układzie zapłonowym, iskrzenia szczotek w prądnicy lub silnikach wycieraczek i innych przyczyn mogą powstawać w samochodzie napięcia większe od normalnego napięcia prądu stałego w jego instalacji elektrycznej. Są to napięcia przemienne wysokiej częstotliwości. Wcześniej zakłócały one tylko odbiór radiowy. We współczesnych samochodach mogą także zakłócać pracę urządzeń sterujących albo telefonów komórkowych. W takich przypadkach można je wyeliminować tylko za pomocą kondensatorów przeciwzakłóceniowych (rysunki 4.51 i 4.52).



Rys. 4.51
Kondensator przeciwzakłóceniowy na cewce zapłonowej



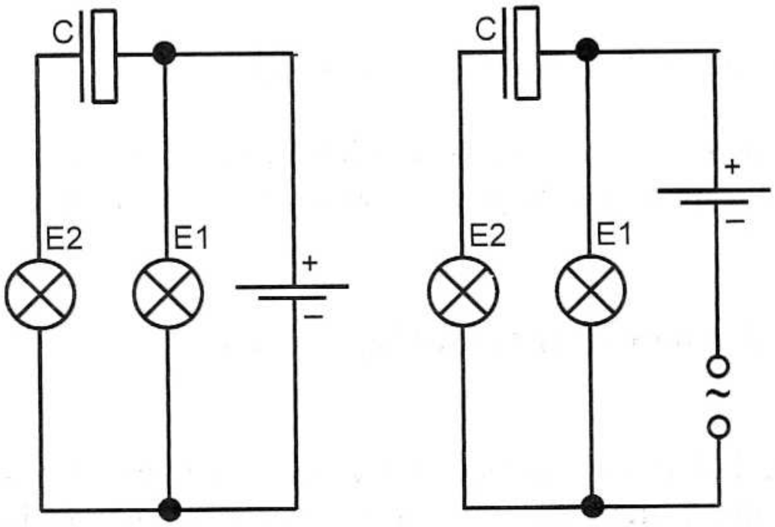
Rys. 4.52
Kondensator przeciwzakłóceniowy w prądnicy trójfazowej

Sposób pracy kondensatora przeciwzakłóceniowego

Żarówka E1 pełni rolę odbiornika w instalacji, np. radia. Kondensator C jest podłączony jako element przeciwzakłóceniowy. Żarówka E2 służy jako sygnalizator przepływu prądu przez kondensator (rys. 4.53).

Istnieje tylko napięcie stałe (rys. 4.53 z lewej)
Żarówka E1 się świeci. Żarówka E2 się nie świeci, gdyż kondensator, po jego naładowaniu, stanowi dla prądu stałego nieskończenie wielką rezystancję.

Istnieje napięcie stałe i (zakłócające) napięcie przemienne (rys. 4.53 po prawej)
Żarówka E1 świeci się. Żarówka E2 także się świeci, ale znacznie słabiej niż E1. Kondensator nie jest dla prądu przemiennego nieskończenie wielką rezystancją i dlatego w samochodzie przewodzi do masy zakłócające napięcie przemienne.



Rys. 4.53
Schematy: napięcia stałego (lewy) oraz napięcia mieszanego (prawy)

4.10. Indukcyjność

4.10.1. Magnetyzm

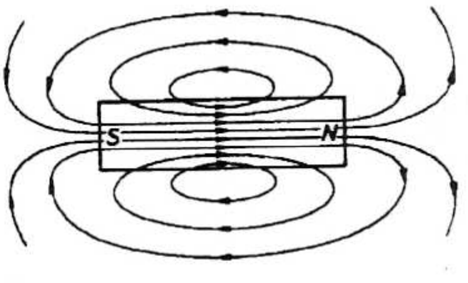
We wszystkich samochodach jest rozrusznik, prądnica, są elektryczne wycieraczki szyb i wiele innych silników, przekaźników, a w silnikach o zapłonie iskrowym także cewka zapłonowa.

Aby zrozumieć zasady działania wszystkich tych urządzeń musimy na początek zająć się zjawiskiem, odnoszącym się do wszystkich tych elementów: **indukcją magnetyczną**.

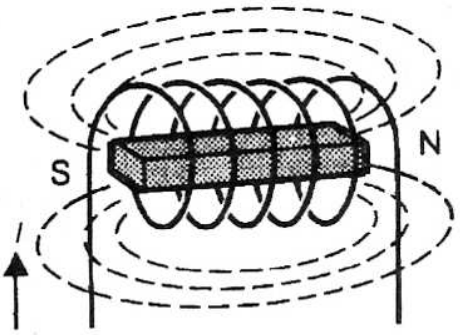
Magnes jest ciałem, które przyciąga żelazo, nikiel i kobalt. Rozróżniamy magnesy trwałe i elektromagnesy.

Magnesy trwałe

Jeżeli zamocujemy swobodnie magnes trwały, np. w kompasie, wówczas orientuje się on według pola magnetycznego Ziemi. Jeden jego biegun wskaże biegun północny Ziemi, drugi zaś biegun południowy (rys. 4.54). Wskazujący na północ biegun magnesu nazywamy biegunem północnym (N), a wskazujący na południe – południowym (S). Od bieguna północnego do południowego na zewnątrz magnesu przebiegają tzw. linie sił, które tworzą pole magnetyczne.



Rys. 4.54
Pole magnetyczne magnesu trwałego



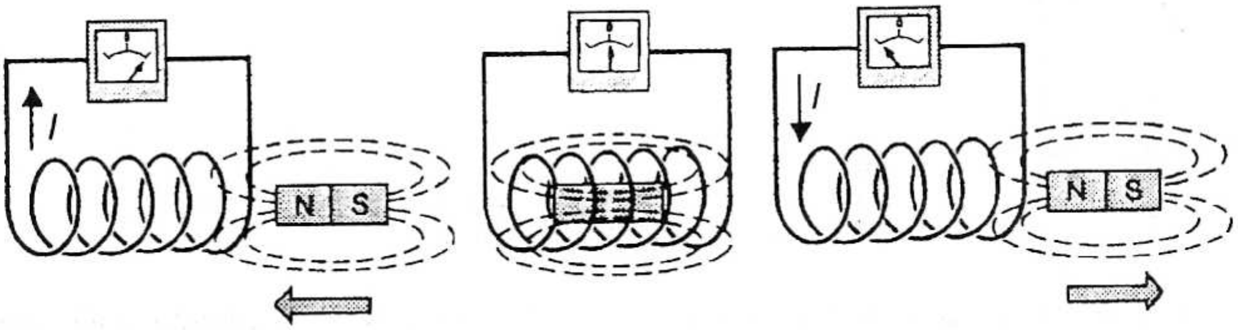
Rys. 4.55
Pole magnetyczne cewki z rdzeniem

Elektromagnes

Każdy przewód z prądem elektrycznym jest otoczony polem magnetycznym. Kierunek linii sił pola magnetycznego zależy od kierunku prądu. Jeżeli uformujemy przewód w wiele zwojów, to otrzymamy cewkę. Siła pola magnetycznego zwiększa się ze wzrostem natężenia prądu, albo ze wzrostem liczby zwojów. Rdzeń ułatwia przebieg linii sił, a tym samym wzmacnia pole magnetyczne (rys. 4.55).

4.10.2. Indukcja magnetyczna

Zmiany pola magnetycznego indukują (wywołują) w przewodzie albo w cewce napięcie indukowane (rys. 4.56). Kierunek napięcia zależy od kierunku zmian pola magnetycznego.



Rys. 4.56
Schemat ruchu magnesu wewnątrz cewki

Przykłady zastosowań w samochodzie
Indukcyjne czujniki kąta wyprzedzenia zapłonu, czujnik prędkości obrotowej koła w układzie ABS, czujnik położenia wału korbowego (rys. 4.57).

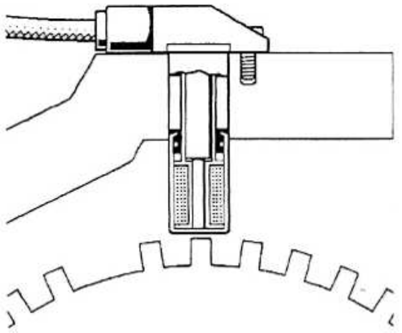
Symbole graficzne

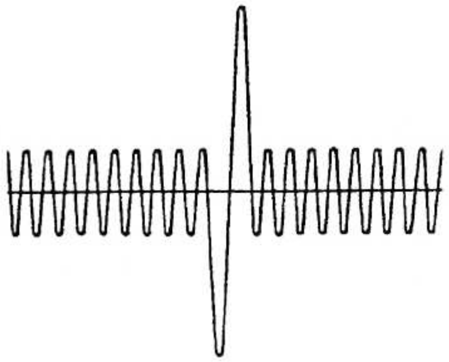


Cewka ogólnie



Cewka z rdzeniem ferrytowym



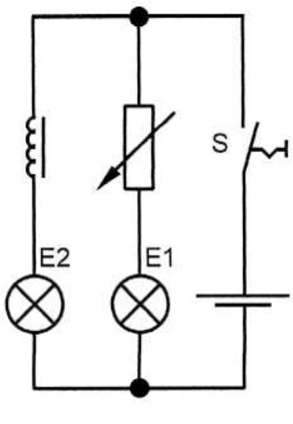


Rys. 4.57
Po lewej czujnik prędkości obrotowej i położenia (np. wału korbowego), po prawej sygnał tego czujnika

4.10.3. Cewka

4.10.3.1. Samoindukcja po włączeniu cewki

W obwodzie zawierającym cewkę (rys. 4.58) po zamknięciu zestyku S przez obie żarówki popłynie prąd. Za pomocą potencjometru nastawiamy jasność żarówki E1 tak, aby obie świeciły jednakowo. Następnie otwieramy zestyk. Po ponownym zamknięciu obwodu zauważamy, że żarówka E2 zaświeci się nieco później, aniżeli żarówka E1. Cewka opóźniła przepływ prądu przez żarówkę E2.



Rys. 4.58
Samoindukcja cewki. Tuż po włączeniu świeci się tylko E1, po krótkim czasie świeci się także E2

Po włączeniu prądu w cewce powstaje pole magnetyczne. Ta zmiana pola magnetycznego powoduje powstanie napięcia indukowanego, które ma kierunek odwrotny do napięcia w obwodzie.

Po przyłożeniu napięcia do cewki wytwarza się w niej napięcie samoindukcji, które ma kierunek przeciwny do napięcia zewnętrznego, a tym samym powoduje spowolnienie wzrostu natężenia prądu.

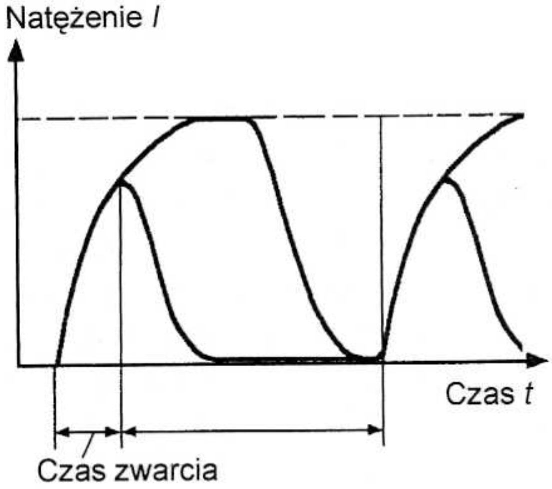
Zapamiętajmy: Indukcyjność opóźnia prąd.

Zastosowania w samochodzie

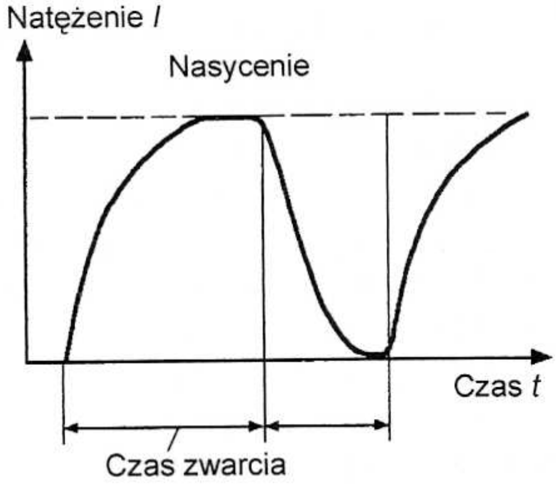
Zapłon

W celu zapewnienia powstania dostatecznie silnego pola magnetycznego w cewce, musi przez nią odpowiednio długo przepływać prąd, ponieważ samoindukcja

przeszkadza w natychmiastowym przepływie pełnego prądu. Czas przepływu prądu jest określony przez odcinek zwarcia (nazywany wcześniej kątem zwarcia – rysunki 4.59 i 4.60)



Rys. 4.59
Jeżeli odcinek zwarcia jest za mały, prąd nie może osiągnąć wartości nasycenia. Energia zapłonu jest niewystarczająca. Dochodzi do wypadania zapłonów



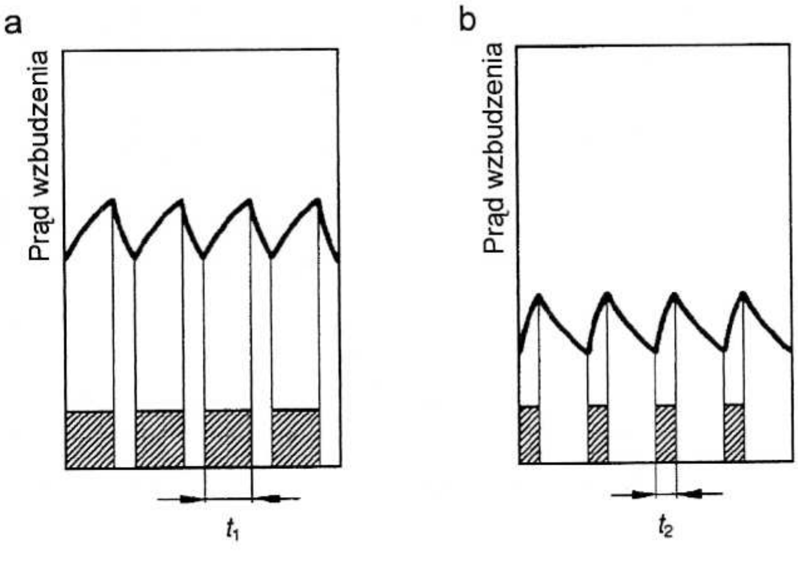
Rys. 4.60
Prąd w cewce przy prawidłowym odcinku zwarcia. Odcinek ten musi być na tyle duży, aby prąd mógł osiągnąć wartość nasycenia. Cewka zapłonowa zgromadzi wówczas maksymalną energię

Przy takiej samej prędkości obrotowej obowiązuje zasada:

większy odcinek zwarcia – dłuższy czas zwarcia,
krótszy odcinek zwarcia – krótszy czas zwarcia.

Regulacja prądnicy

Prądnica jest regulowana poprzez okresowe włączanie i wyłączanie uzwojenia wzbudzenia tak, aby oddawane napięcie – niezależnie od obciążenia i prędkości obrotowej – pozostawało zawsze stałe (rys. 4.61). Wcześniej taka regulacja była realizowana za pomocą mechanicznych regulatorów. Było to możliwe tylko dzięki



Rys. 4.61
Prąd wzbudzenia:
a) przy małej prędkości obrotowej – długi czas zwarcia t_1, b)przy dużej prędkości obrotowej i takim samym obciążeniu – krótki czas zwarcia t_2

powstawaniu samoindukcji. Sprawia ona, że podczas zamykania styków prąd wzbudzenia nie osiąga od razu swojej pełnej wartości, lecz wzrasta stopniowo, co umożliwiało sterownie metodami mechanicznymi.

4.10.3.2. Samoindukcja po odłączeniu cewki

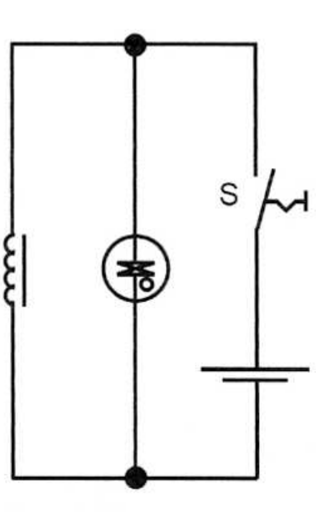
Cewka z żelaznym rdzeniem podłączona zostaje do źródła napięcia stałego $U = 6$ V (rys. 4.62). Równolegle do cewki jest włączona jarzeniówka, która zaświeci się przy napięciu minimum 100 V. Zestyk S zostaje zamknięty i ponownie otwarty. Podczas otwierania zestyku jarzeniówka na krótko rozbłyska. Oznacza to, że przy wyłączaniu musiało powstać napięcie ponad 100 V. Przy wyłączaniu prądu pole magnetyczne szybko zanika. Ta zmiana pola magnetycznego powoduje także napięcie indukcji, które jest tak skierowane, że w cewce prąd nadal płynie w tym samym kierunku. Ponieważ także po odłączeniu zewnętrznego źródła napięcia jarzeniówka rozbłyska, w cewce musiała zostać zmagazynowana energia.

Po wyłączeniu prądu powstaje w cewce wysokie napięcie samoindukcji. Wyindukowane napięcie jest tym większe, im szybciej zanika pole magnetyczne. Cewka gromadzi energię elektryczną w swym polu magnetycznym.

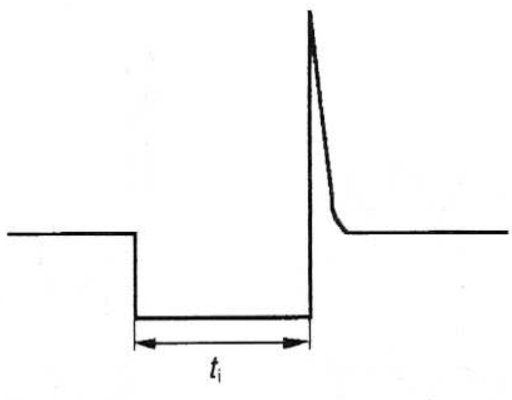
Zastosowania w samochodzie

Piki napięcia (niepożądane skutki indukcji – rys. 4.63)

Wszystkie elementy w samochodzie, zawierające cewki, np. przekaźniki, silniki elektryczne, prądnice i cewki zapłonowe po wyłączeniu prądu wytwarzają za każdym razem wysokie napięcie samoindukcji w instalacji elektrycznej. Może ono prowadzić do zniszczenia elementów elektronicznych. Przy szczególnie czułych elementach umieszczone są specjalne przepięciowe urządzenia zabezpieczające, np. w układach przeciwblokujących ABS i w niektórych układach wtryskowych.

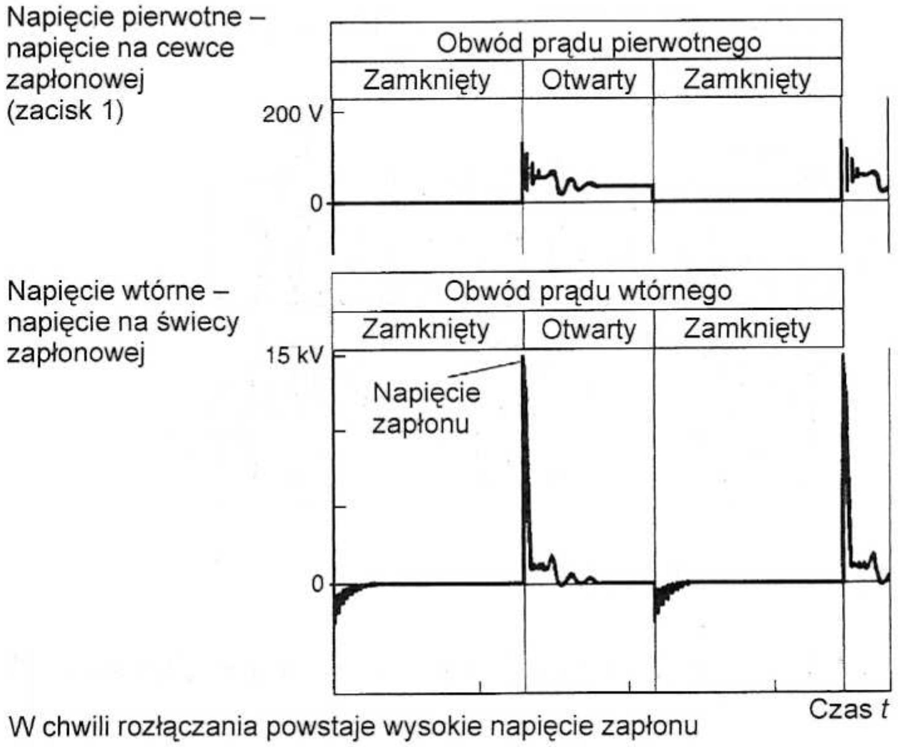


Rys. 4.62
Samoindukcja cewki przy wyłączaniu



Rys. 4.63
Niepożądane napięcie indukcyjne wtryskiwacza w chwili wyłączania prądu

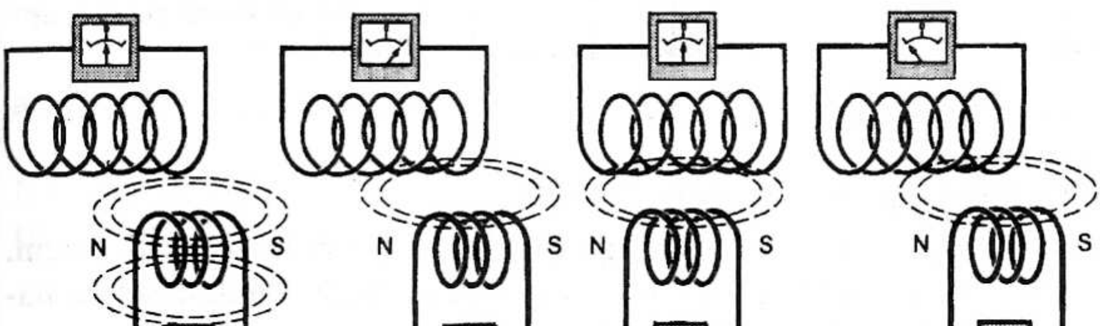
Powstawanie napięcia zapłonu (wpływ pożądany indukcji – rys. 4.64)



Rys. 4.64
Pożądane napięcie indukcyjne w chwili wyłączania prądu w cewce zapłonowej

4.10.4. Transformator

W rozdziale o indukcji dowiedzieliśmy się, że zmiany pola magnetycznego w cewce indykują napięcie. Można to osiągnąć np. poruszając magnesem trwałym lub elektromagnesem (rys. 4.65).

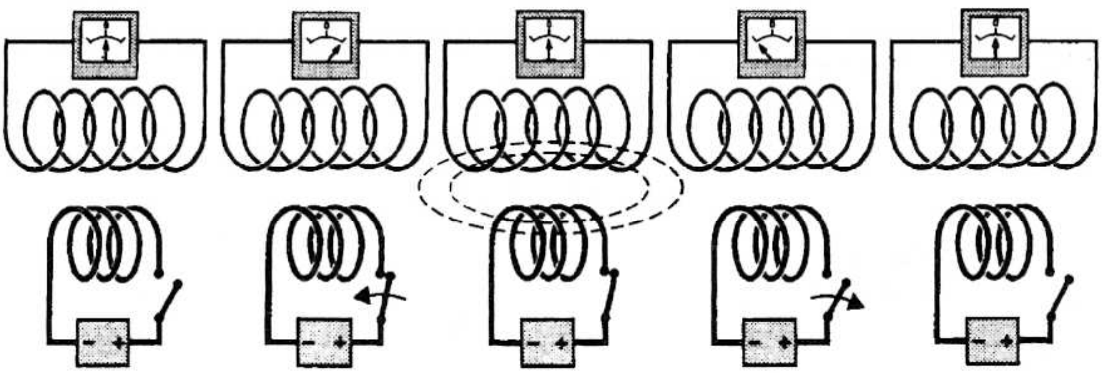


Rys. 4.65
Indukowanie napięcia przez przesuwanie elektromagnesu

Problem

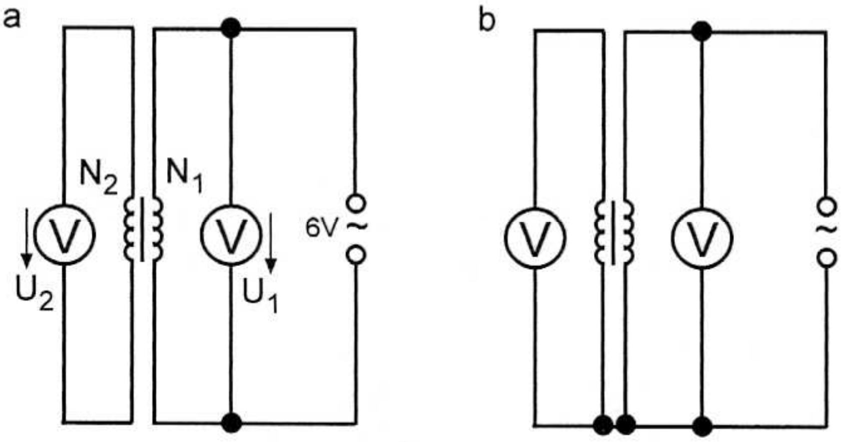
Mechaniczne przesuwanie względem siebie cewki i pola magnetycznego (magnesu). Ponieważ tylko **zmiana** pola magnetycznego w cewce powoduje indukowanie napięcia, więc włączanie i wyłączanie prądu w dolnej cewce powinno wywoływać indukcję w cewce górnej (rys. 4.66).

To jest zasada działania transformatora. Uzwojenie, którego pole magnetyczne jest zmieniane np. poprzez włączanie i wyłączanie prądu nazywa się uzwojeniem **pierwotnym** (uzwojeniem wejściowym), a uzwojenie w którym jest indukowane napięcie nazywa się uzwojeniem **wtórnym.**



Rys. 4.66
Indukowanie napięcia przez włączanie i wyłączanie elektromagnesu

Przetwarzanie napięcia w takim transformatorze (rys. 4.67) można przedstawić na poniższym przykładzie



Rys. 4.67
Schemat ideowy przekładni napięcia w transformatorze: a) o nie połączonych elektrycznie uzwojeniach, b) dwie cewki połączone bezpośrednio (połączenie nie ma wpływu na przekładnię napięcia)

Cewka pierwotna: liczba zwojów $N_1 = 500$.
Napięcie pierwotne: $U_1 = 6$ V
Cewka wtórna: liczba zwojów $N_2 = 1000$.

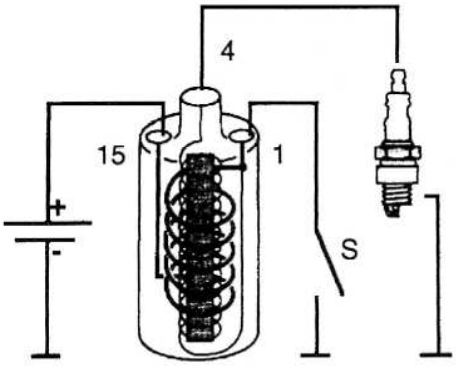
W celu wzmocnienia pola magnetycznego obie cewki są połączone rdzeniem. Nieustanne zmiany prądu pierwotnego, jako warunek konieczny indukowania napięcia, następują poprzez przyłączenie napięcia zmiennego.

Rezultat: napięcie wtórne $U_2 \approx 12$ V

W transformatorze napięcia zachowują się tak, jak liczby zwojów. $U_1/U_2 = N_1/N_2$ *stosunek* N_1/N_2 *nazywa się przekładnią transformatora. Indukowane napięcie (wtórne) zależy od:*
- *natężenia prądu pierwotnego,*
- *materiału rdzenia,*
- *stosunku liczby zwojów,*
- *szybkości wzrostu i zanikania pola magnetycznego.*

Cewka zapłonowa (rys. 4.68)

Zasadę działania transformatora wykorzystano w cewce zapłonowej w celu przemiany niskiego napięcia instalacji samochodu o wartości 12 V w wysokie napięcie o wartości ok. 20 000 V, konieczne do zapłonu. W cewce zapłonowej uzwojenie pierwotne (zaciski 1 i 15) liczy 200 do 300 zwojów z grubego drutu. Nawinięte jest



Rys. 4.68
Schemat cewki zapłonowej

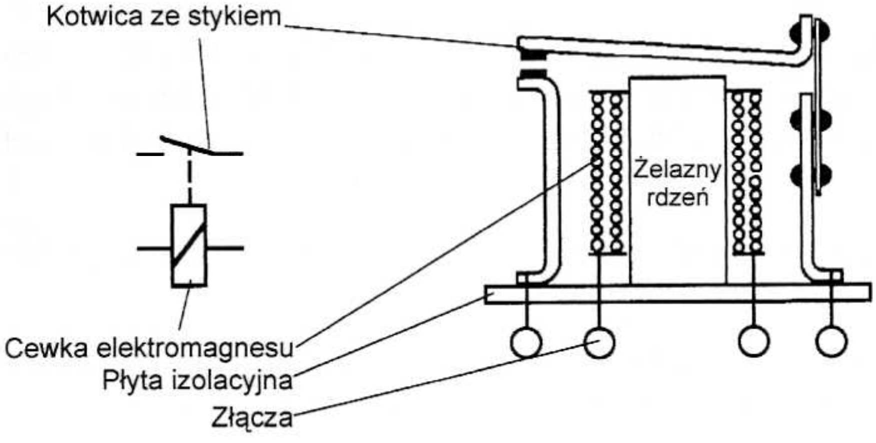
ono wokół ok. 20 000 zwojów uzwojenia wtórnego (zaciski 1 i 4) z cienkiego drutu, na rdzeniu z miękkiego żelaza. Na zacisku 1 są połączone ze sobą końce uzwojenia pierwotnego i wtórnego. Zestyk S jest przerywaczem, zastąpionym tranzystorem w nowszych układach zapłonowych.

4.10.5. Przekaźnik

Dlaczego, pomimo rosnącego udziału elektroniki, stosuje się jeszcze w samochodach mechaniczne przekaźniki? Można przecież sądzić, że możliwości nowoczesnej elektroniki umożliwią wyeliminowanie przekaźników. W praktyce jest jednak inaczej. Wraz z liczbą podzespołów elektronicznych zwiększa się także liczba koniecznych przekaźników.

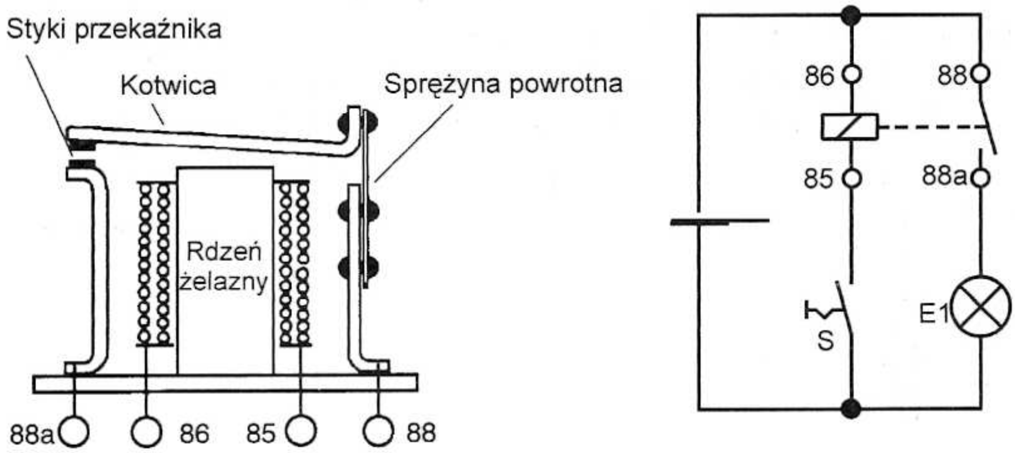
4.10.5.1. Zasada działania

Na przykładzie obwodu reflektora wyjaśnimy zasadę działania przekaźnika (rys. 4.69).



Rys. 4.69
Symbol graficzny i schemat przekaźnika

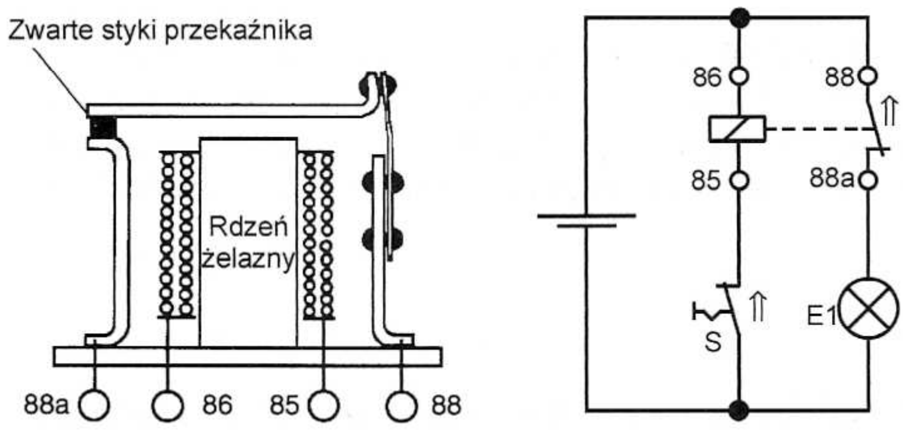
a – światła wyłączone; obwód prądu obciążenia jest otwarty (rys. 4.70).



Rys. 4.70
Schemat i symbol graficzny nie włączonego przekaźnika

Kiedy cewka magnetyczna nie jest pobudzona prądem sterującym (włącznik świateł S otwarty), wtedy sprężyna powrotna utrzymuje styki robocze rozwarte. Obwód prądu obciążenia jest otwarty, żarówka E1 się nie świeci.

b – światła włączone; obwód prądu obciążenia jest zamknięty (rys. 4.71)



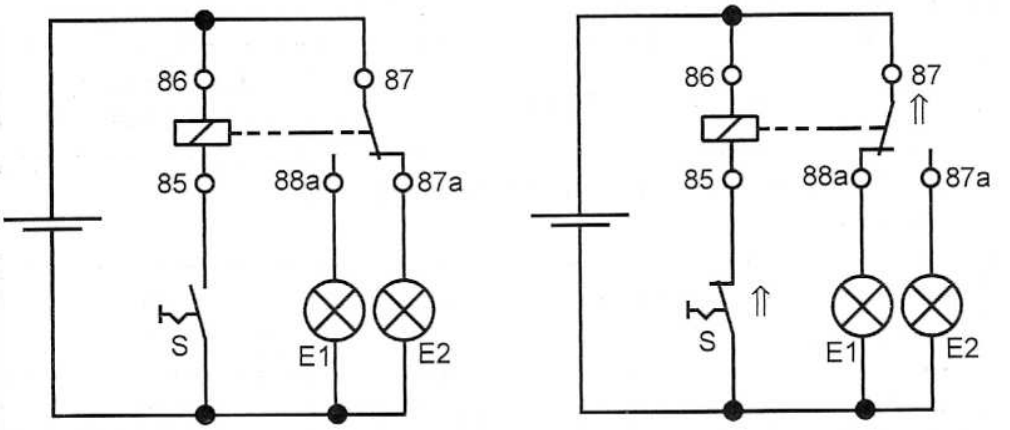
Rys. 4.71
Schemat i symbol graficzny włączonego przekaźnika

Po doprowadzeniu prądu sterowania (włącznik świateł S zamknięty) prąd przepływa przez cewkę elektromagnesu przekaźnika. Kotwica przerywacza zostaje przyciągnięta i styki robocze się zwierają. Dzięki temu zamyka się także obwód świateł i żarówka E1 się świeci.

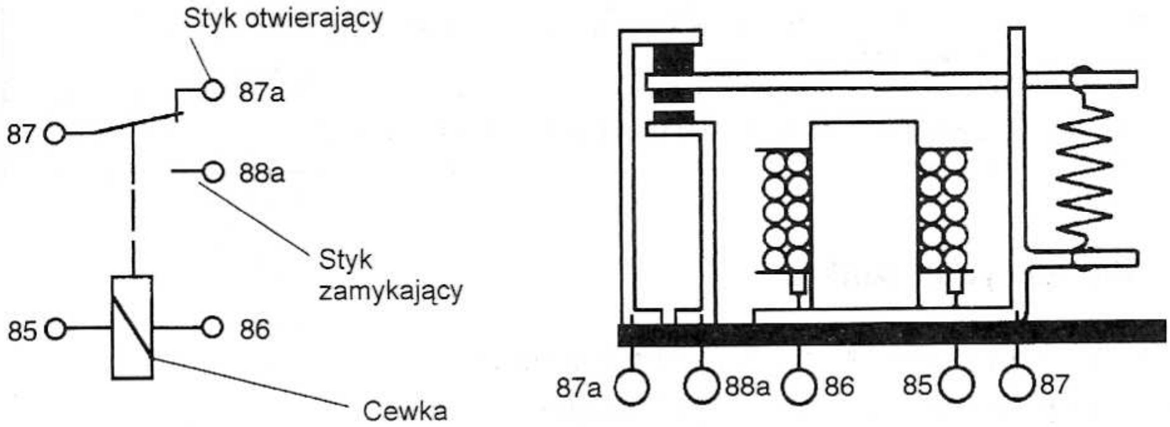
Przekaźnik, który po uruchomieniu prądem sterującym powinien zamknąć obwód prądu obciążenia, nazywamy zwiernym.

W celu identyfikacji punktów podłączenia przekaźniki mają ustalone numery zacisków. Obwód prądu sterującego: 85 i 86, obwód prądu obciążenia: 88 i 88a.

Oprócz opisanych już przekaźników zwiernych, występują także przekaźniki rozwierne. Ich uruchomienie prądem sterującym powoduje otwarcie obwodu prądu obciążenia (rys. 4.72). Uniwersalne zastosowanie mają przekaźniki zwierno-rozwierne, łączące w sobie oba rodzaje poprzednio omówionych przekaźników. Stwarzają one wiele możliwości zastosowań (rys. 4.73).



Rys. 4.72
Symbole przekaźnika rozwiernego wyłączonego i włączonego



Rys. 4.73
Schemat i symbol graficzny przekaźnika zwierno-rozwiernego

Jakie zalety oferują przekaźniki?

Przekaźnik jest zestykiem uruchamianym elektromagnesem. Już mały **prąd sterujący**, płynący przez cewkę sprawia, że kotwica zostaje przyciągnięta, zamykając obwód. Dzięki temu obwód **prądu obciążenia** zostaje zamknięty. I tak np. po włączeniu świateł drogowych przez włącznik płynie tylko słaby prąd sterujący. Silny prąd (obciążenia) jest doprowadzany do żarówki H4 poprzez przekaźnik.

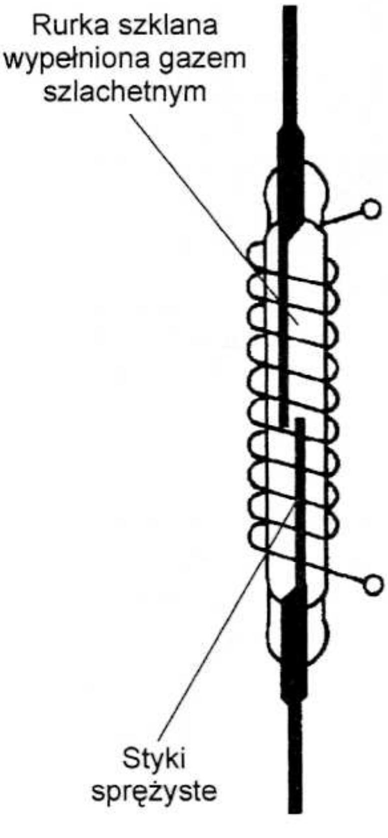
Słaby prąd sterujący włącza silny prąd obciążenia.

Jakie korzyści daje stosowanie przekaźników w samochodzie?

- Zastosowanie małych przekrojów przewodów i małych wyłączników, wtedy np. wyłącznik świateł może przenosić tylko słaby prąd sterowania.

4.10.5.3. Budowa przekaźnika kontaktronowego

Przekaźnik kontaktronowy składa się z rurki szklanej, w której gazoszczelnie są zatopione dwa podłużne styki sprężyste. Wokół szklanej rurki jest nawinięta cewka o niewielkiej liczbie zwojów z grubego drutu (rys. 4.74). Gdy kontaktron znajdzie się pod działaniem pola magnetycznego np. cewki, przez którą płynie prąd (albo magnesu trwałego), wówczas linie sił pola usiłują się skrócić i zwierają sprężyny stykowe. Jeżeli obwód prądu zostanie przerwany albo odsunięty od magnesu trwałego, to pole magnetyczne zanika i wtedy siła sprężystości styków powoduje ich rozwarcie. Rurka jest napełniona gazem ochronnym (szlachetnym), dzięki czemu jest zapewniona duża trwałość styków.

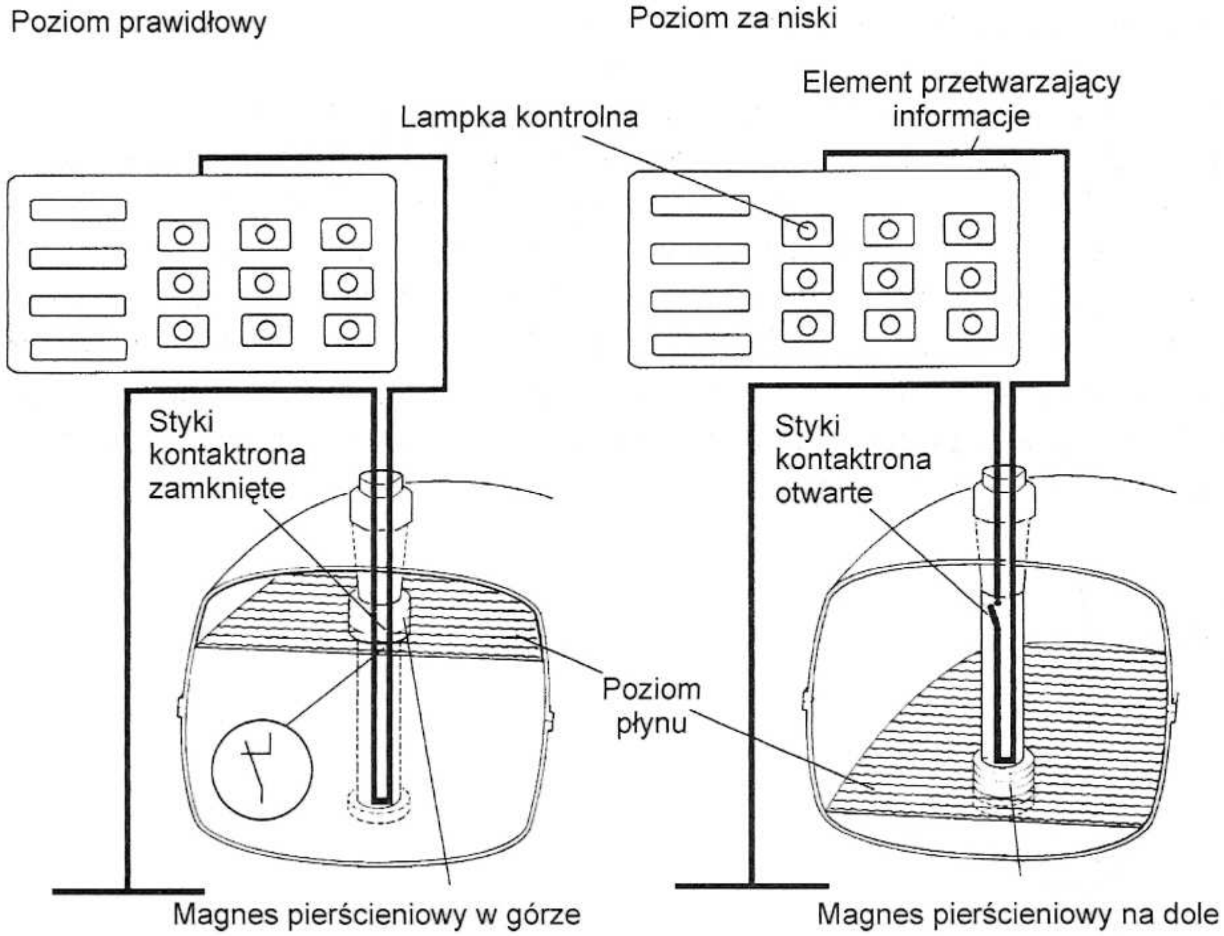


Rys. 4.74
Schemat przekaźnika kontaktronowego z nawiniętą cewką prądową

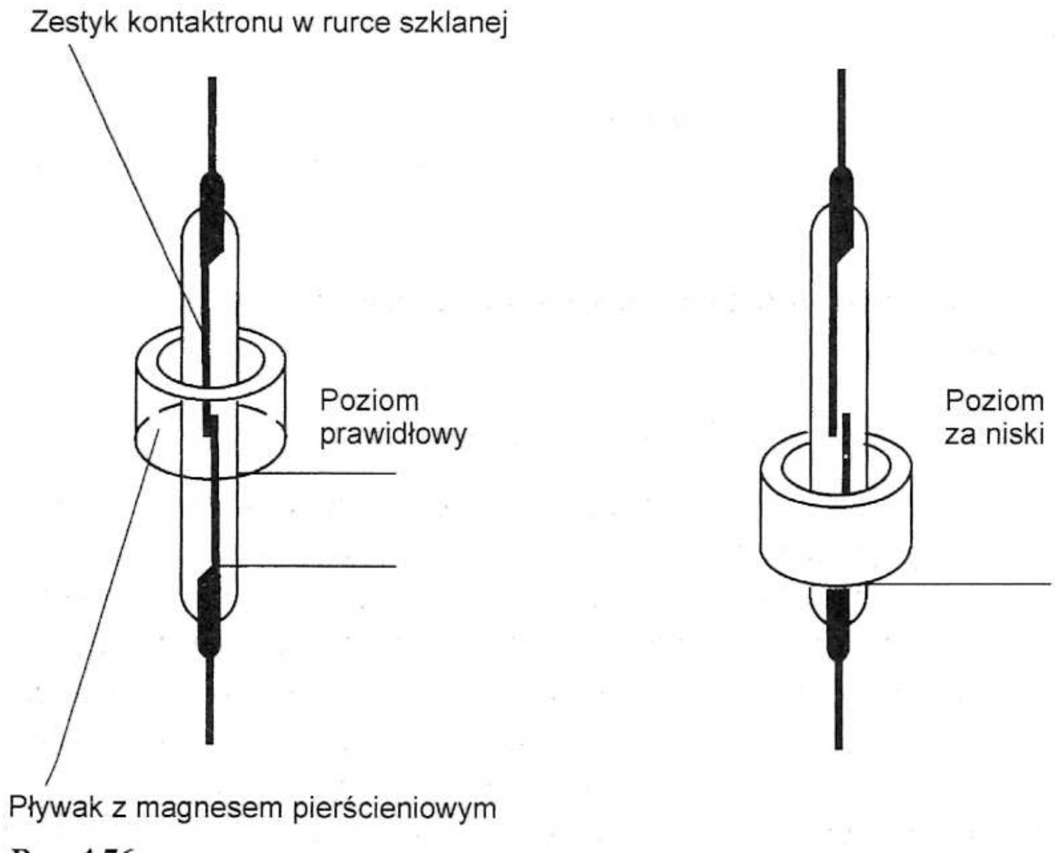
4.10.5.4. Przykłady zastosowań przekaźników kontaktronowych w samochodzie

Uruchamianie magnesem trwałym – nadzór nad poziomem płynu

We współczesnych samochodach jest nadzorowany poziom płynów eksploatacyjnych, np. płynu hamulcowego, cieczy chłodzącej, oleju, płynu do spryskiwaczy szyb itp. (rys. 4.75). Na powierzchni płynu w zbiorniku znajduje się mały magnes pierścieniowy, umieszczony na pływaku. Dopóki poziom płynu jest zadowalający, dopóty zestyk kontaktronu jest zamknięty przez pole magnetyczne magnesu pierścieniowego. Wraz z obniżaniem się poziomu płynu, opada także magnes pierścieniowy. Pole magnetyczne nie może już zwierać styków kontaktronu (rys. 4.76). Otwarcie zestyku uruchamia sygnał wykorzystywany przez urządzenie sterujące do sygnalizacji poziomu płynu.

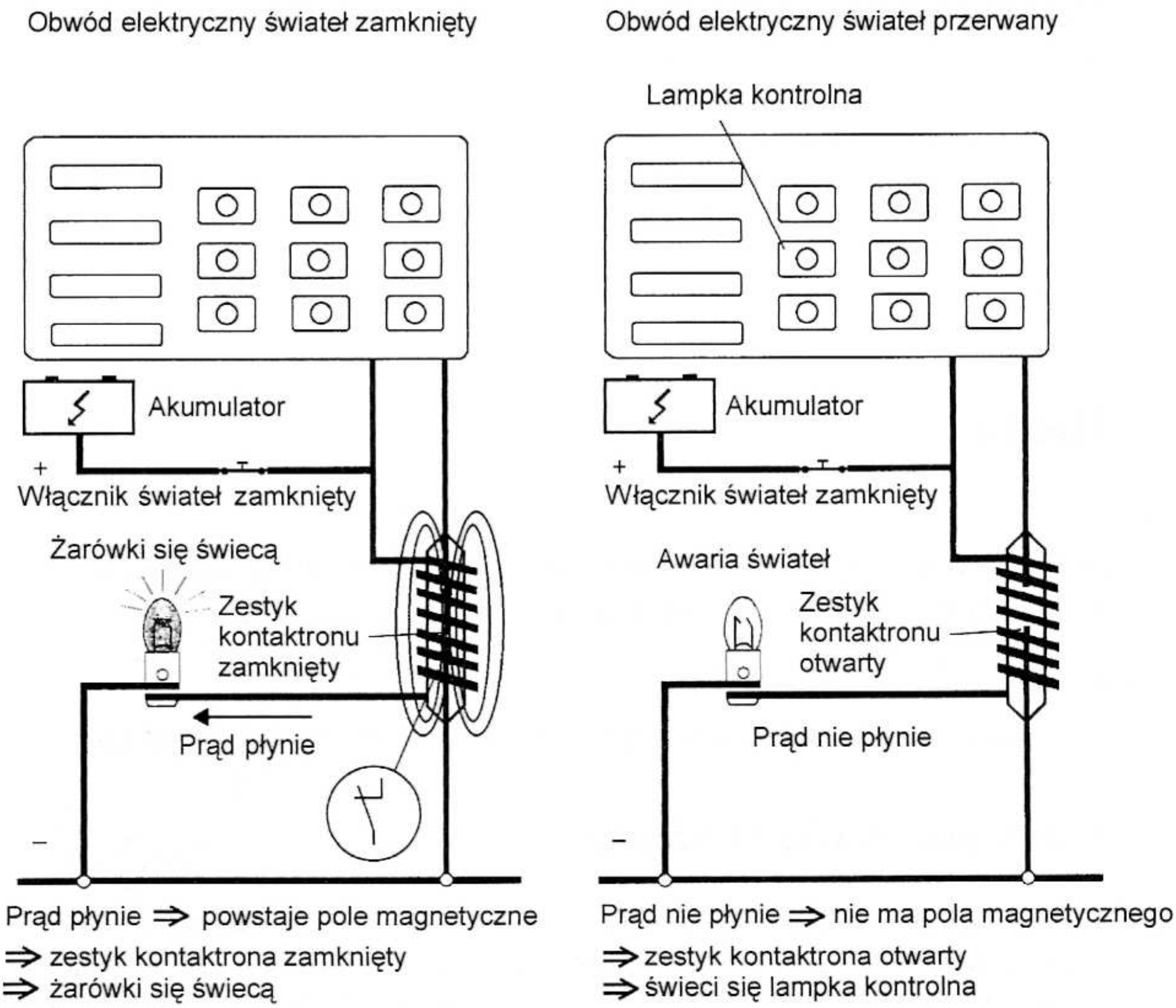


Rys. 4.75
Schemat nadzorowania poziomu płynu w zbiorniku



Rys. 4.76
Wyłącznik pływakowy z zestykiem kontaktronowym

Uruchamianie przez pole magnetyczne cewki, przez którą płynie prąd – nadzorowanie pracy żarówki (rys. 4.77)



Rys. 4.77
Schemat nadzorowania obwodu świateł

5. Podstawowe elementy elektroniczne

5.1. Dioda

Problem

Prądnica trójfazowa w samochodzie wytwarza prąd przemienny. Do ładowania akumulatora jest potrzebny jednak prąd stały.

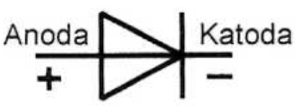
Rozwiązanie

Dzięki zastosowaniu diod prąd przemienny można przekształcić w prąd stały.

5.1.1. Dioda jako zawór elektryczny

W diodach dla prądu elektrycznego istnieje kierunek przewodzenia i kierunek zaporowy. Jeżeli strzałka w symbolu graficznym diody wskazuje umowny kierunek prądu (rys. 5.1a), to dioda jest podłączona w kierunku przewodzenia. W kierunku przewodzenia na diodzie powstaje napięcie około 0,7 V, które nazywamy napięciem progowym.

Symbol graficzny diody

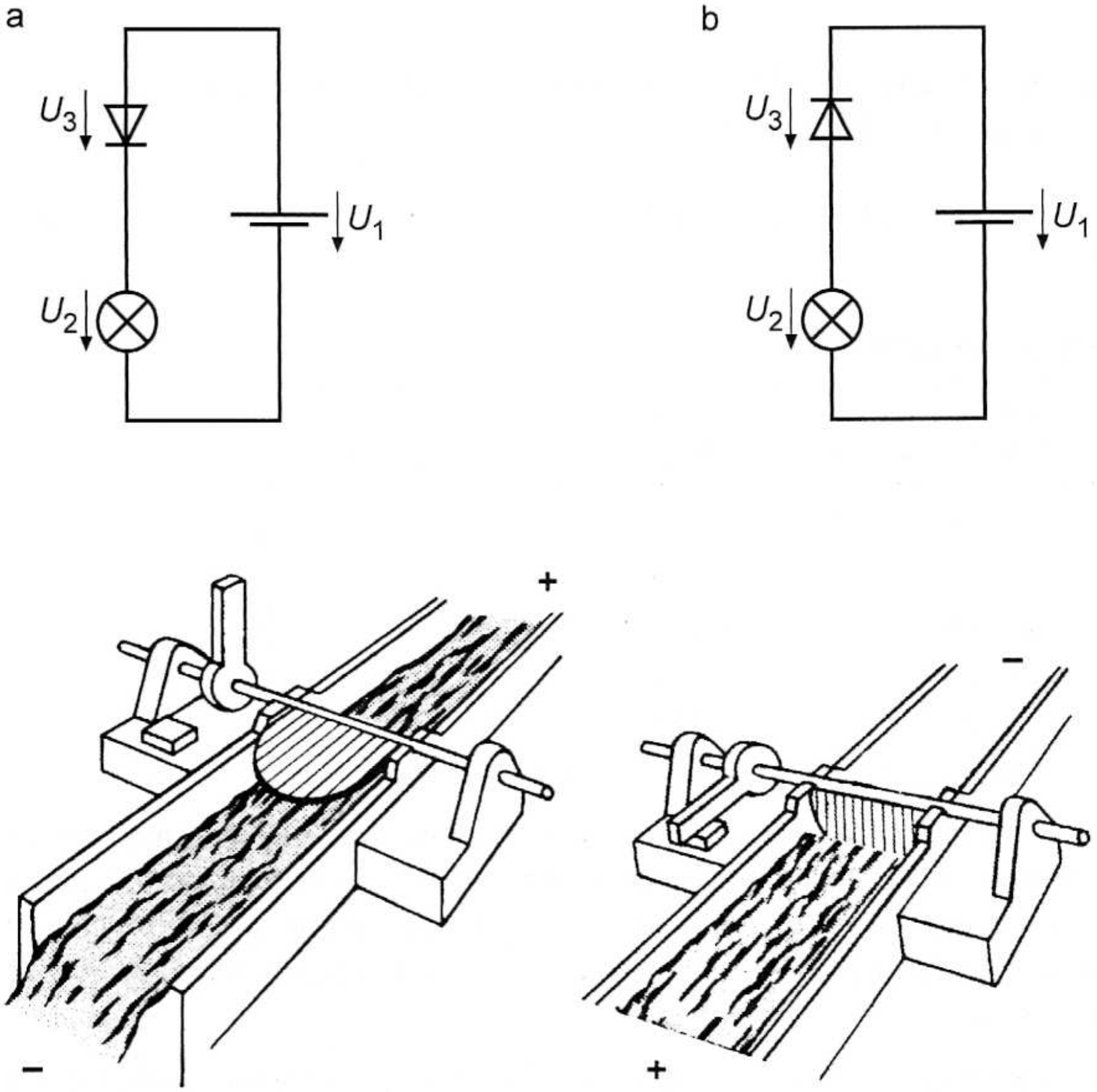


Zasady ogólne:

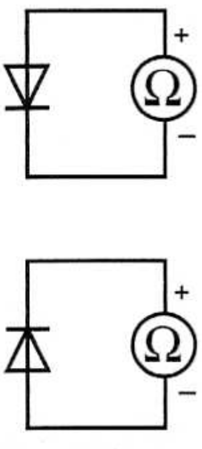
- w kierunku przewodzenia prąd nie może przekroczyć prądu dopuszczalnego,
- w kierunku zaporowym napięcie nie może przekroczyć dopuszczalnej wartości,
- zbyt duże temperatury wywołują zniszczenie półprzewodnika (diody).

5.1.2. Sprawdzanie diody

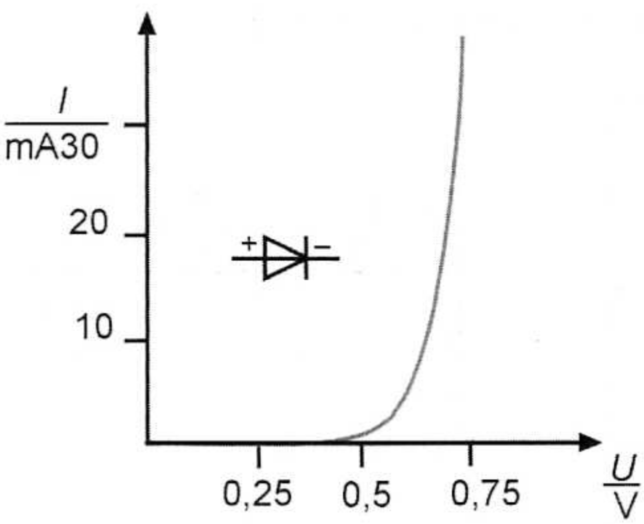
Miernikiem uniwersalnym można zmierzyć wartość rezystancji diody krzemowej w kierunkach przewodzenia i zaporowym, wykorzystując różne zakresy pomiarowe (rysunki 5.2 i 5.3).



Rys. 5.1
Dioda jako zawór elektryczny
U_1 napięcie źródła napięcia, U_2 napięcie na żarówce, U_3 napięcie na diodzie
a) żarówka się świeci, U_3 = 0,77 V; b) żarówka się nie świeci



Rys. 5.2
Sprawdzanie diody w kierunku przewodzenia (na górze) i zaporowym (na dole)



Rys. 5.3
Charakterystyka diody krzemowej w kierunku przewodzenia

Wskazówka

W wielu miernikach uniwersalnych przy pomiarach rezystancji jest zamieniona biegunowość gniazd przyłączeniowych.

Jak można wyjaśnić tak ekstremalnie różniące się wyniki pomiarów, podane w tablicy 5.1?

Tablica 5.1. *Pomiar rezystancji*

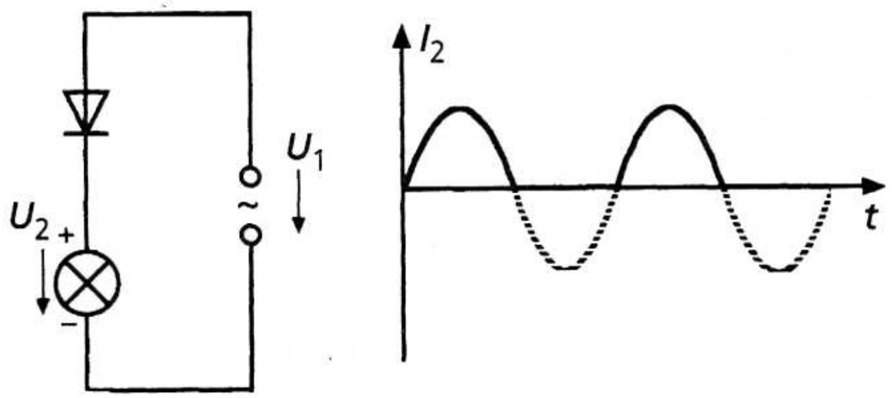
Kierunek przewodzenia	Zakres pomiarowy	Kierunek zaporowy
1,75 MΩ	20 MΩ	–
0,35 MΩ	2 MΩ	–
64 kΩ	200 kΩ	–
11,45 kΩ	20 kΩ	–
1,7 kΩ	2 kΩ	–

Charakterystyka diody wyjaśnia ten problem. Po przełączeniu na inny zakres pomiarowy zmienia się (wewnętrzna) rezystancja przyrządu pomiarowego; płyną zatem różne prądy pomiarowe. Na skutek przegięcia charakterystyki napięcie nie zmienia się w takim samym stopniu, jak prąd pomiarowy. Miernik wskazuje różne wartości rezystancji.

Pomiar rezystancji nie daje możliwości dokładnego sprawdzenia diody. Lepsze są przyrządy z wbudowanym urządzeniem do pomiaru diod, pracujące ze stałym prądem pomiarowym, np. 1 mA.

5.1.3. Zastosowanie diody jako prostownika prądu przemiennego

Wady prostowania jednokierunkowego (rys. 5.4)



Rys. 5.4
Prostowanie jednokierunkowe

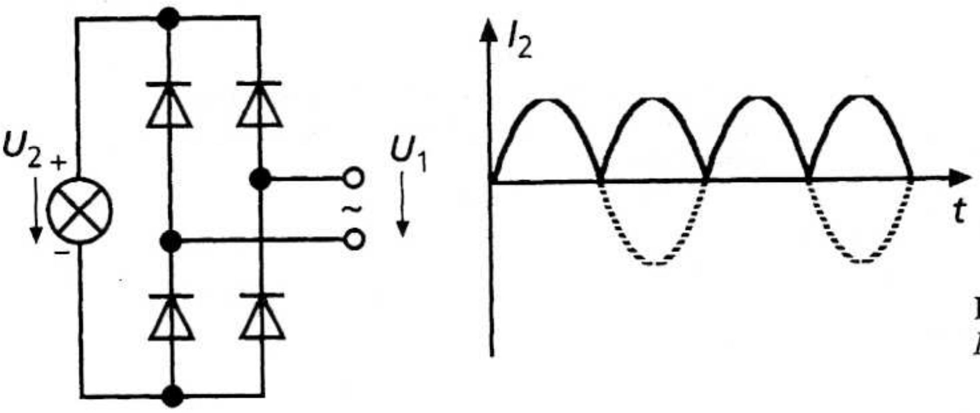
- ❑ Wykorzystywana jest tylko połowa fali.
- ❑ Duże tętnienia resztkowe prądu stałego.

Zastosowanie w samochodach

Zacisk „W" prądnicy prądu trójfazowego jako zacisk miernika prędkości obrotowej silników wysokoprężnych.

Zalety prostowania dwukierunkowego (rys. 5.5)

- Obie półfale są prostowane równocześnie.



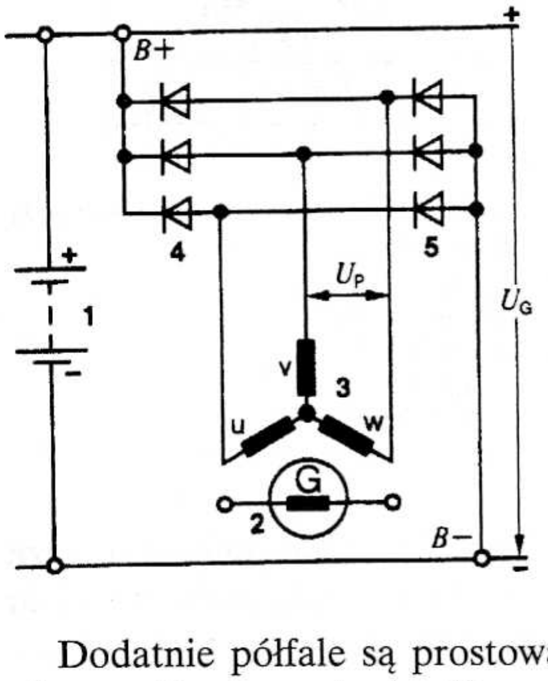
Rys. 5.5
Prostowanie dwukierunkowe

Zastosowanie w samochodach

Prostowanie prądu trójfazowego w prądnicy trójfazowej przy trzech, przesuniętych o 120° fazach prądu przemiennego.

5.1.4. Układ mostkowy w prądnicy prądu trójfazowego

Wytworzony w prądnicy trójfazowej prąd przemienny jest prostowany we wbudowanym w nią układzie mostkowym z sześcioma diodami (rys. 5.6). W takim układzie mostkowym z sześcioma diodami zachodzi prostowanie dwukierunkowe.

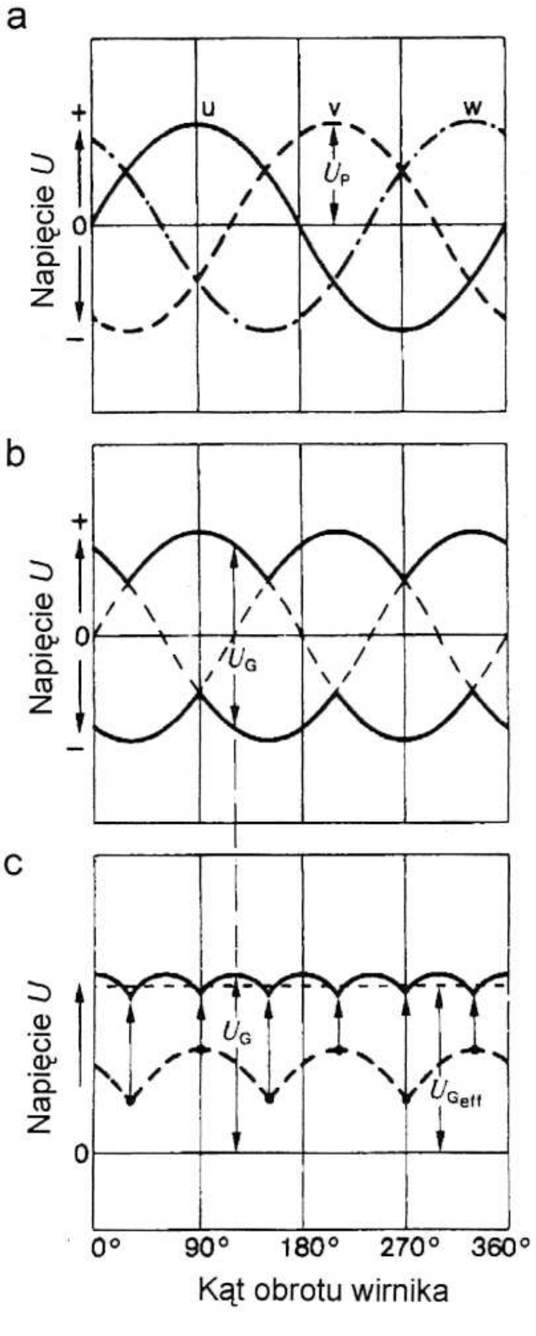


Rys. 5.6
Układ mostkowy w prądnicy trójfazowej
1 – akumulator
2 – uzwojenie wzbudzenia
3 – uzwojenie stojana
4 – diody dodatnie
5 – diody ujemne

Dodatnie półfale są prostowane przez **diody dodatnie,** a ujemne przez **diody ujemne.** Prostowanie dwukierunkowe (rys. 5.7) powoduje ostatecznie sumowanie

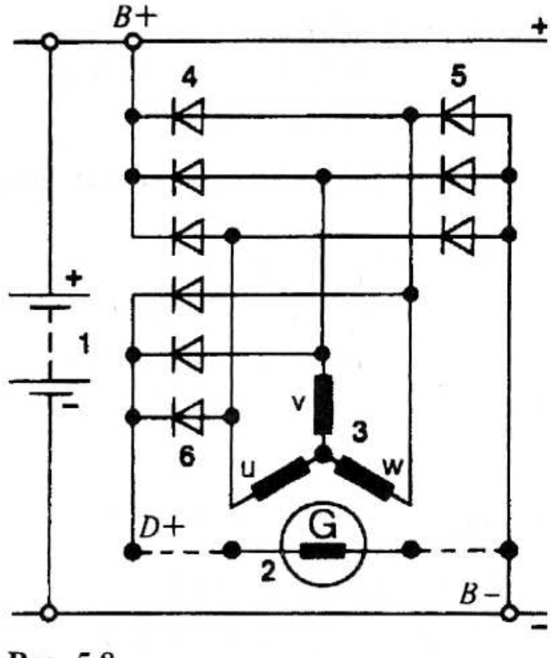
dodatnich i ujemnych obwiedni tych półfal (rys. 5.7b) w jednokierunkowe, lekko pofalowane napięcie prądnicy (rys. 5.7c).

Jednak prąd stały, który przez zaciski B+ i B− prądnica kieruje do instalacji elektrycznej samochodu, nie jest idealnie „gładki", lecz lekko pofalowany. Te nierównomierności są dodatkowo wygładzane przez akumulator równolegle podłączony do prądnicy albo przez kondensator – jeśli znajduje się w instalacji. Prąd



U_P – napięcie fazowe
U_G - napięcie prądnicy

Rys. 5.7
a) prąd przemienny trójfazowy ***bez prostowania,***
b) prąd przemienny trójfazowy z ***prostowaniem dwukierunkowym,***
c) prostowanie dwukierunkowe



Rys. 5.8
Rozdzielanie i prostowanie prądu wzbudzenia
1 – akumulator
2 – uzwojenie wzbudzenia
3 – uzwojenie stojana
4 – diody dodatnie
5 – diody ujemne
6 – diody wzbudzenia

wzbudzenia, mający za zadanie namagnesowanie biegunów wzbudzenia, jest także dwukierunkowo prostowany przed doprowadzeniem go do wirnika. Odbywa się to za pomocą trzech diod ujemnych na zacisku B− i trzech dalszych diod na zacisku D+. Są to tzw. diody wzbudzenia (rys. 5.8).

Obwody w prądnicy trójfazowej

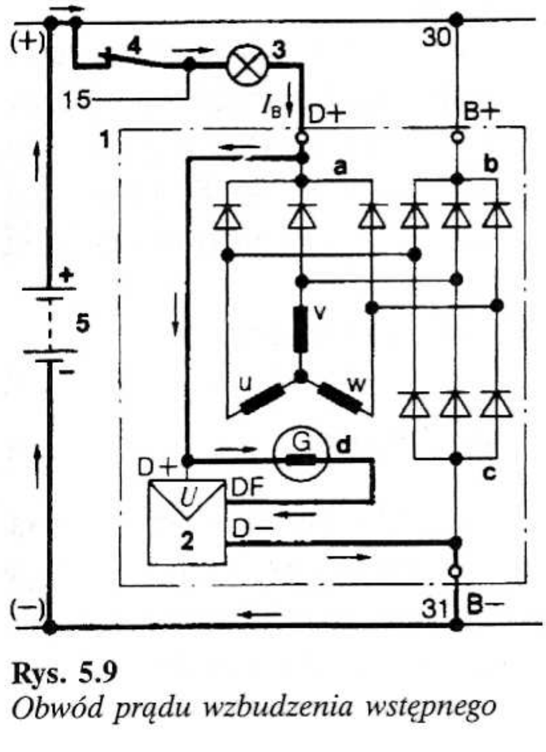
W prądnicy prądu trójfazowego istnieją następujące obwody elektryczne:
- obwód prądu wzbudzenia wstępnego (wzbudzenie obce prądem z akumulatora),
- obwód prądu wzbudzenia (wytworzonego w prądnicy),
- obwód prądnicy, nazywany też obwodem głównym.

Prąd wzbudzenia wstępnego (rys. 5.9)

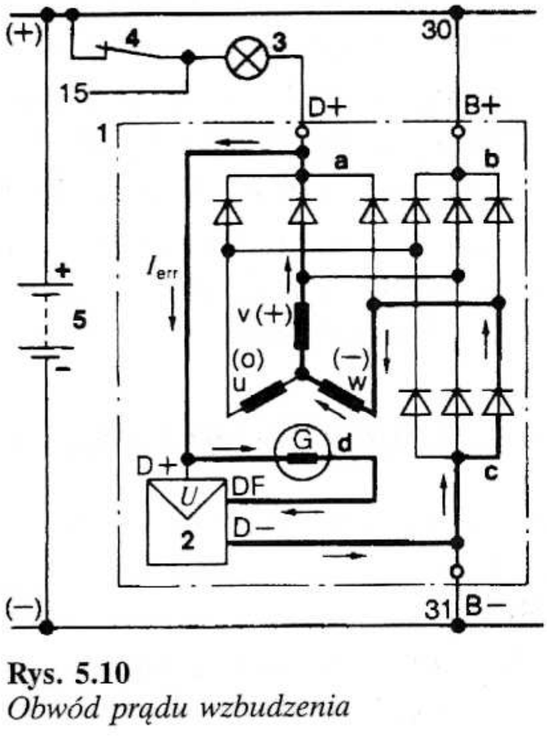
Po zwarciu styków wyłącznika zapłonu (4), prąd z akumulatora (I_B) popłynie przez lampkę kontrolną prądnicy (3) do uzwojenia wzbudzenia (d) w wirniku, a stamtąd poprzez regulator (2) do masy. W ten sposób prąd z akumulatora wzbudza wstępnie prądnicę. Dzieje się tak dlatego, że:
- istniejący magnetyzm szczątkowy w żelaznym rdzeniu uzwojenia wzbudzenia jest niewystarczający, aby przy niewielkiej prędkości obrotowej wywołać samowzbudzenie, konieczne do powstania pola magnetycznego,
- w obwodzie wzbudzenia są podłączone po dwie diody na fazę. Samowzbudzenie może nastąpić dopiero wtedy, kiedy prądnica wytworzy większe napięcie niż $2 \cdot 0{,}7\ V = 1{,}4\ V$. To jest rola obwodu wzbudzenia wstępnego.

Obwód prądu wzbudzenia (rys. 5.10)

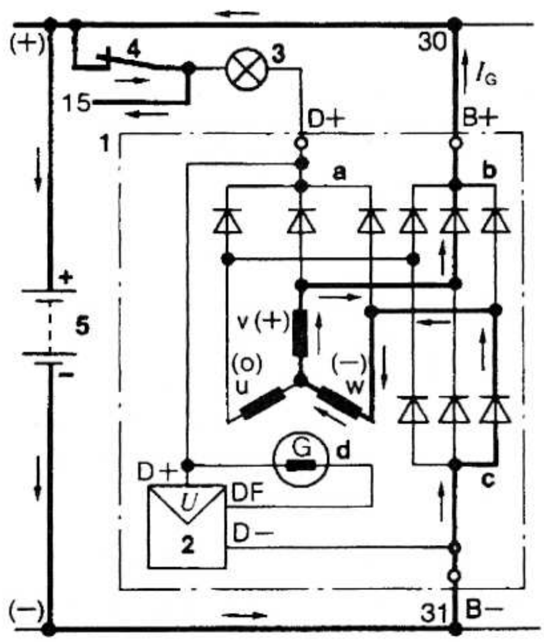
Obwód prądu wzbudzenia ma za zadanie wytwarzanie pola magnetycznego w uzwojeniu wzbudzenia wirnika, obracającego się podczas pracy prądnicy, a tym samym wytworzenie żądanego napięcia w uzwojeniu prądu przemiennego stojana. Niezależnie od tego, prąd składowy uzwojenia fazowego jest prostowany przez trzy diody wzbudzenia i dopiero jako prąd wzbudzenia, poprzez szczotki węglowe i pierścienie ślizgowe jest doprowadzany do uzwojenia wzbudzenia i do regulatora (zacisk DF). Dalsze połączenie prowadzi przez zacisk D− i diodę ujemną z powrotem do uzwojenia trójfazowego.



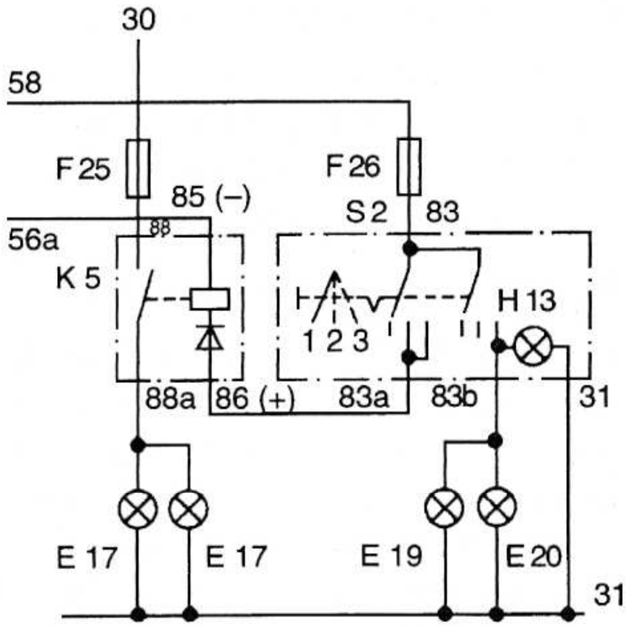
Rys. 5.9
Obwód prądu wzbudzenia wstępnego



Rys. 5.10
Obwód prądu wzbudzenia



Rys. 5.11
Obwód prądu prądnicy



Rys. 5.12
Fragment schematu ideowego: przednie i tylne światła przeciwmgłowe

Obwód prądnicy (rys. 5.11)

Indukowany w trzech fazach prądnicy trójfazowej prąd przemienny musi być wyprostowany przez układ mostkowy, zawierający trzy diody obciążenia. Dopiero wtedy może być skierowany do akumulatora i odbiorników. Prąd z prądnicy rozdziela się więc na prąd dla odbiorników i dla akumulatora. Aby prąd z prądnicy mógł popłynąć do akumulatora, jego napięcie musi być wyższe niż napięcie akumulatora.

5.1.5. Dioda do rozłączania obwodu elektrycznego

Na rysunku 5.12 pokazano diodę umieszczoną w przekaźniku K5, którego zadaniem jest włączanie świateł przeciwmgłowych E17 i E18.

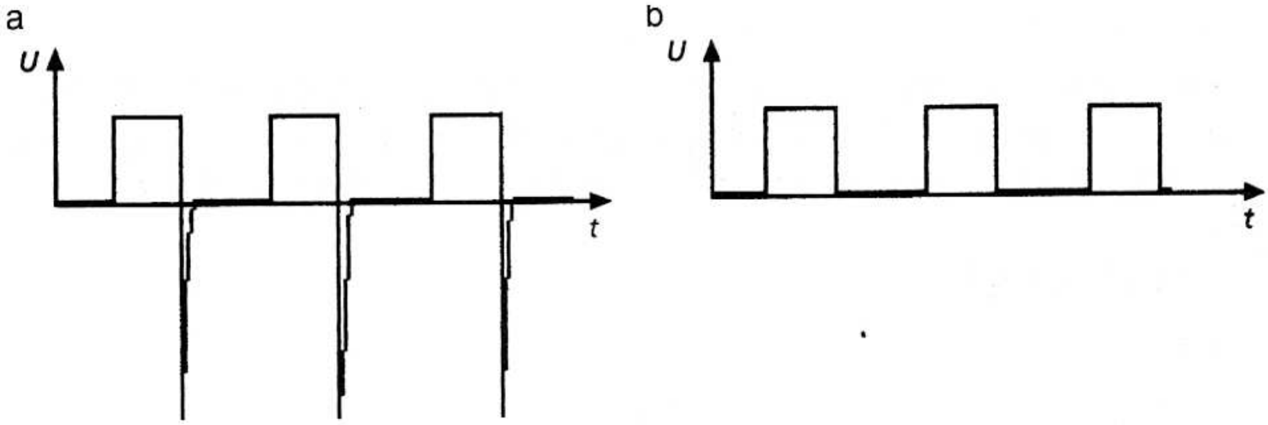
Dioda nie dopuszcza do włączenia przekaźnika w sytuacji, kiedy są wyłączone światła drogowe, ale przez pomyłkę są włączone światła przeciwmgłowe i użyty został sygnał świetlny. Bez diody prąd płynie od zacisku 56a (światła drogowe) do zacisku 85 przekaźnika. Następnie przez cewkę przekaźnika i zacisk 86 płynie do zamkniętego zestyku świateł przeciwmgłowych; od niego poprzez żarówkę świateł pozycyjnych dociera do masy.

Przepływ prądu w tym kierunku jest przez diodę uniemożliwiony.

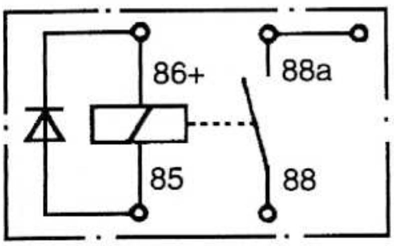
5.1.6. Dioda do ograniczania napięcia wzbudzenia

W celu ograniczenia w samochodzie napięć indukowanych podczas wyłączania przekaźnika (rys. 5.13), stosuje się przekaźniki wyposażone w tzw. diodę gaszącą (rys. 5.14).

Podczas montowania takich przekaźników w instalacji należy koniecznie zwracać uwagę na biegunowość obwodu prądu sterującego.



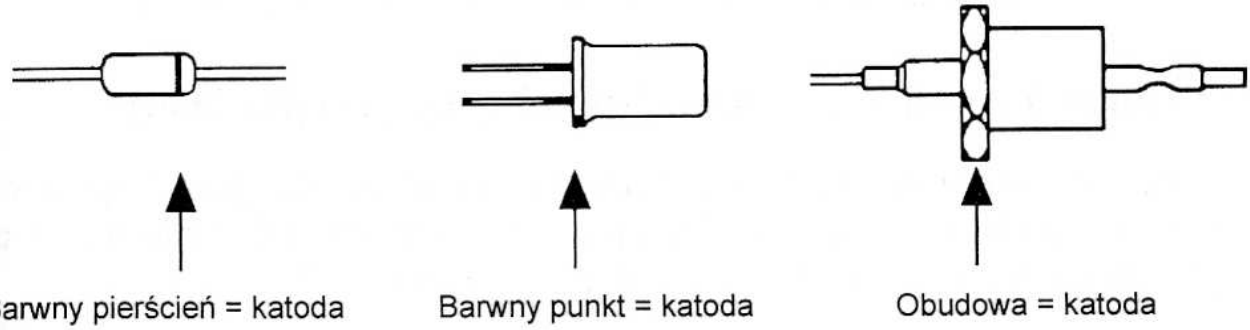
Rys. 5.13
Napięcia indukcyjne przy wyłączaniu przekaźnika:
a) przekaźnik bez diody gaszącej, b) przekaźnik z diodą gaszącą



Rys. 5.14
Symbol graficzny przekaźnika z diodą gaszącą

5.1.7. Oznaczanie diod

Na obudowie diody zaznacza się złącze (elektrodę) w kierunku przewodzenia do bieguna ujemnego źródła napięcia (katodę) (rys. 5.15). Na symbolu graficznym diody elektroda ta jest oznaczona pionową kreską.



Rys. 5.15
Oznaczanie diod

5.2. Dioda Zenera

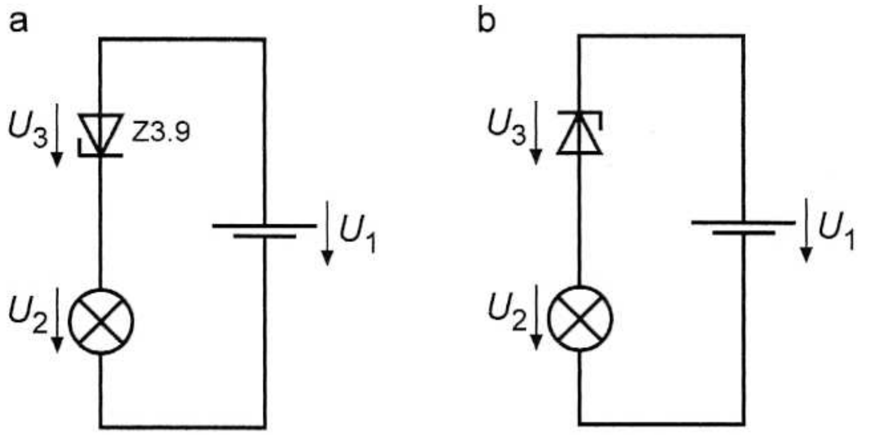
Problem

W razie awarii regulatora, na skutek napięcia pierwotnego przy włączaniu i wyłączaniu cewki zapłonowej i z powodu zmiany indukcyjności, np. przez obluzowane zaciski, powstają w instalacji elektrycznej **napięcia szczytowe**. Mogą one prowadzić do zniszczenia podzespołów elektronicznych (np. urządzeń sterujących) albo pojedynczych elementów (np. tranzystorów).

Rozwiązanie

W celu ochrony podzespołu (np. urządzenia sterującego KE-Jetronic lub ABS Boscha) stosuje się **przekaźniki ochrony przepięciowej**. Potrzebne jest urządzenie, które przy określonym napięciu, np. 18 V, spowoduje zadziałanie zestyku.

5.2.1. Właściwości

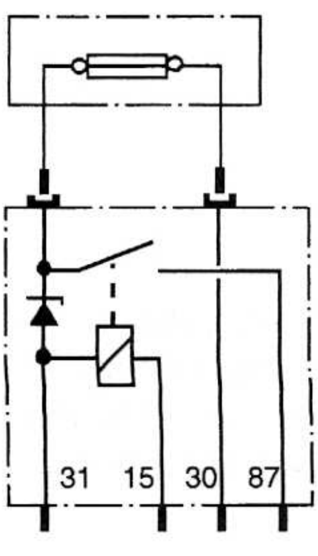


Rys. 5.16
a) żarówka świeci się jasno: U_1 = 12,00 V, U_2 = 11,30 V, U_3 = 0,70 V;
b) żarówka świeci się słabo: U_1 = 12,00 V, U_2 = 8,10 V, U_3 = 3,90 V;
U_1 – napięcie źródła napięcia, U_2 – napięcie na żarówce, U_3 – napięcie na diodzie

Dioda Zenera zachowuje się w kierunku przewodzenia tak, jak normalna dioda krzemowa. W kierunku zaporowym zamyka przepływ prądu aż do tzw. napięcia przebicia.
Liczba 3,9 na diodzie Zenera oznacza: napięcie przebicia 3,9 V.
Dioda Zenera w zasadzie pracuje w kierunku zaporowym (rys. 5.16).

5.2.2. Dioda Zenera w przekaźniku ochrony przepięciowej

Jeżeli nastąpi przekroczenie napięcia, dioda Zenera przewodzi prąd i spala się bezpiecznik. Dzięki temu urządzenie sterujące nie otrzymuje już napięcia, a tym samym jest chronione przed nadmiernym napięciem (rys. 5.17).

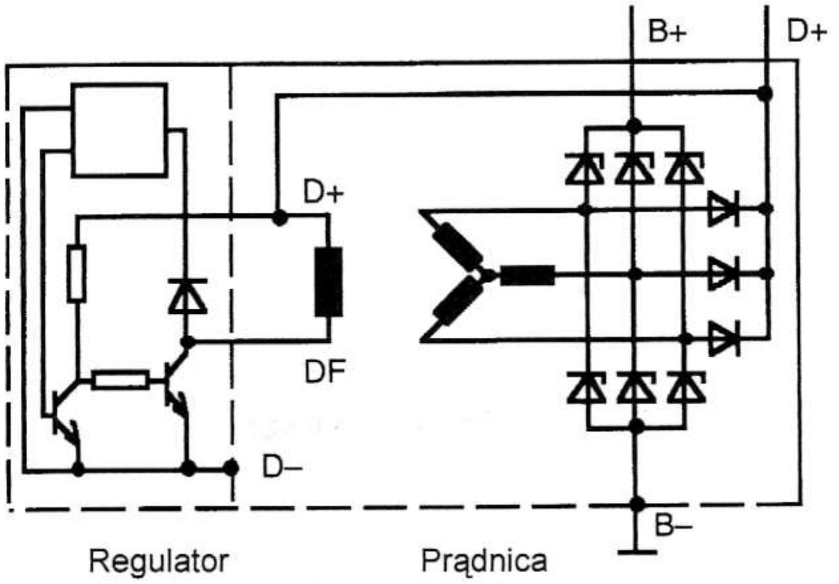


Rys. 5.17
Schemat ideowy przekaźnika ochrony przepięciowej
Oznaczenie zacisków:
30 – wejście B (+), 87 – doprowadzenie napięcia do urządzenia sterującego, 15 – zacisk 15, 31 – masa B (–)

5.2.3. Dioda Zenera jako dioda prostująca w prądnicy trójfazowej

Zadania diody Zenera (rys. 5.18)

- W kierunku przewodzenia:
  prostowanie prądu przemiennego,
- W kierunku zaporowym:
  ochrona regulatora i całej instalacji przed nadmiernym napięciem.



Rys. 5.18
Układ połączeń prądnicy trójfazowej ze zintegrowanym regulatorem

5.3. Dioda świecąca (LED)

Problem

Rysunek 5.19 jest fragmentem instrukcji sprawdzania zespołu wyłaczników układu zapłonowego. Stanowczo zabronione jest użycie „normalnej" żarówki kontrolnej. Spowodowane to jest zbyt dużym poborem prądu takiej żarówki, co może prowadzić do zniszczenia elementów elektronicznych.

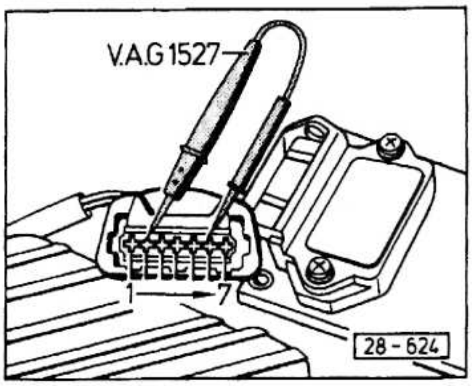
Rozwiązanie

Przyrządem zalecanym do przeprowadzenia pomiarów kontrolnych napięcia jest miernik z diodą świecącą. Pobór prądu jest tak mały, że nie ma obawy uszkodzenia żadnych elementów elektronicznych. Dzięki użyciu dwóch diod świecących można sprawdzić rodzaj napięcia (stałe czy przemienne) i jednocześnie ustalić biegunowość w miejscu pomiaru.

C - Hall-Geber prüfen

- VEZ-Steuergerät i.O.

- Stecker vom TSZ-H-Schaltgerät abziehen, dazu Drahtsicherung drücken.



- Spannungsprüfer V.A.G 1527 an den Kontakten 2 und 6 am Stecker anschliessen.

Achtung!

Keine "normale" Prüflampe mit Glühlampe verwenden. Die hohe Stromaufnahme dieser Prüflampen kann zur Zerstörung elektronischer Bauelemente führen.

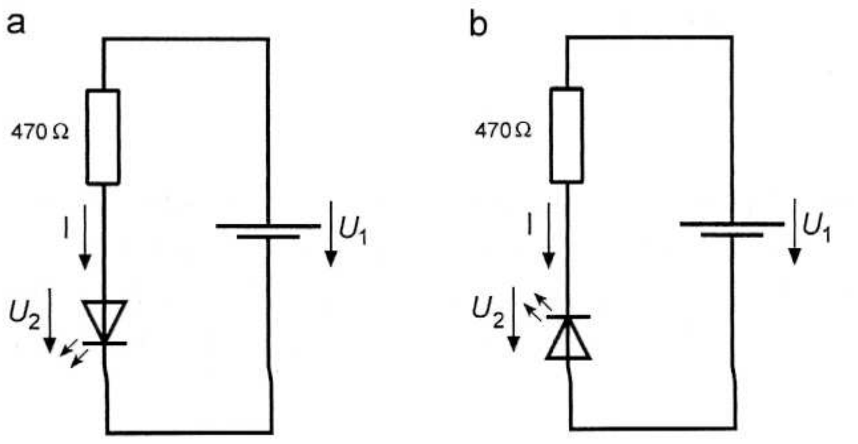
Rys. 5.19
Fragment instrukcji sprawdzania układu zapłonu (VW Golf)

5.3.1. Właściwości

Dioda się świeci (rys. 5.20a)
U_1 = 9,87 V
U_2 = 1,67 V
I = 17,5 mA

Dioda się nie świeci (rys. 5.20b)
U_1 = 10,18 V
U_2 = 10,18 V
I = 0 mA

*Dioda świecąca, w skrócie LED (**L**ight-**E**mitting-**D**iode),zwana także diodą elektroluminescencyjną, zachowuje się jak normalna dioda półprzewodnikowa. Jej napięcie przewodzenia wynosi ok. 1,6 do 4 V, a prąd przewodzenia tylko 4 do 20 mA. Wartości te zależą od koloru diody. Diod świecących nie wolno używać bez umieszczonego przed nimi rezystora!*

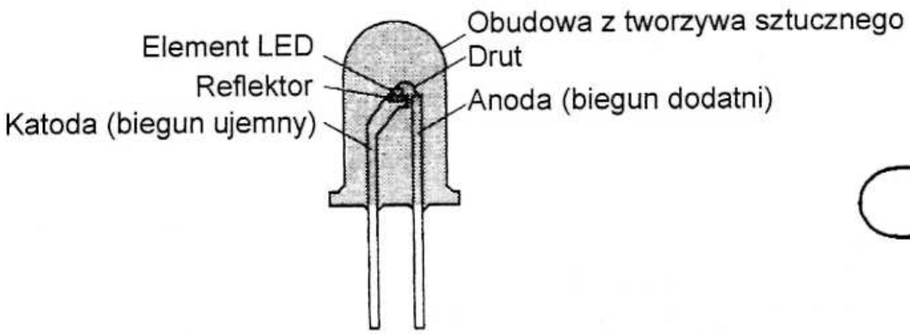


Rys. 5.20
a) kierunek przewodzenia,
b) kierunek zaporowy
U_1 – napięcie źródła napięcia;
U_2 – napięcie na diodzie świecącej;
I – prąd płynący przez diodę świecącą

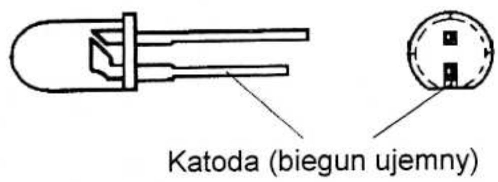
5.3.2. Budowa

W przeciwieństwie do normalnych diod, diody świecące (rys. 5.21) nie są wykonane z krzemu, ani z germanu, gdyż te materiały wypromieniowują więcej ciepła niż światła. Zamiast nich używane są połączenia materiałów półprzewodnikowych, np. arsenek galu (GaAs). Dzięki domieszcze odpowiednich materiałów uzyskuje się emisję różnych kolorów, np.:

GaP = gal-fosfor,
GaN = gal-azot,
GaAsP = gal-arsen-fosfor.



Rys. 5.21
Budowa diody LED



Rys. 5.22
Biegunowość diody LED

Elektrycznie dioda LED zachowuje się jak normalna dioda prostownicza, bo także w niej prąd płynie tylko w jednym kierunku.

Spłaszczona strona obudowy albo krótsze złącze oznacza katodę (biegun ujemny, rys. 5.22).

Diody LED nie wolno używać bez włączonego z nią w szereg rezystora, który ogranicza przepływ prądu przez diodę świecącą. Rezystor dobiera się do napięcia występującego w instalacji.

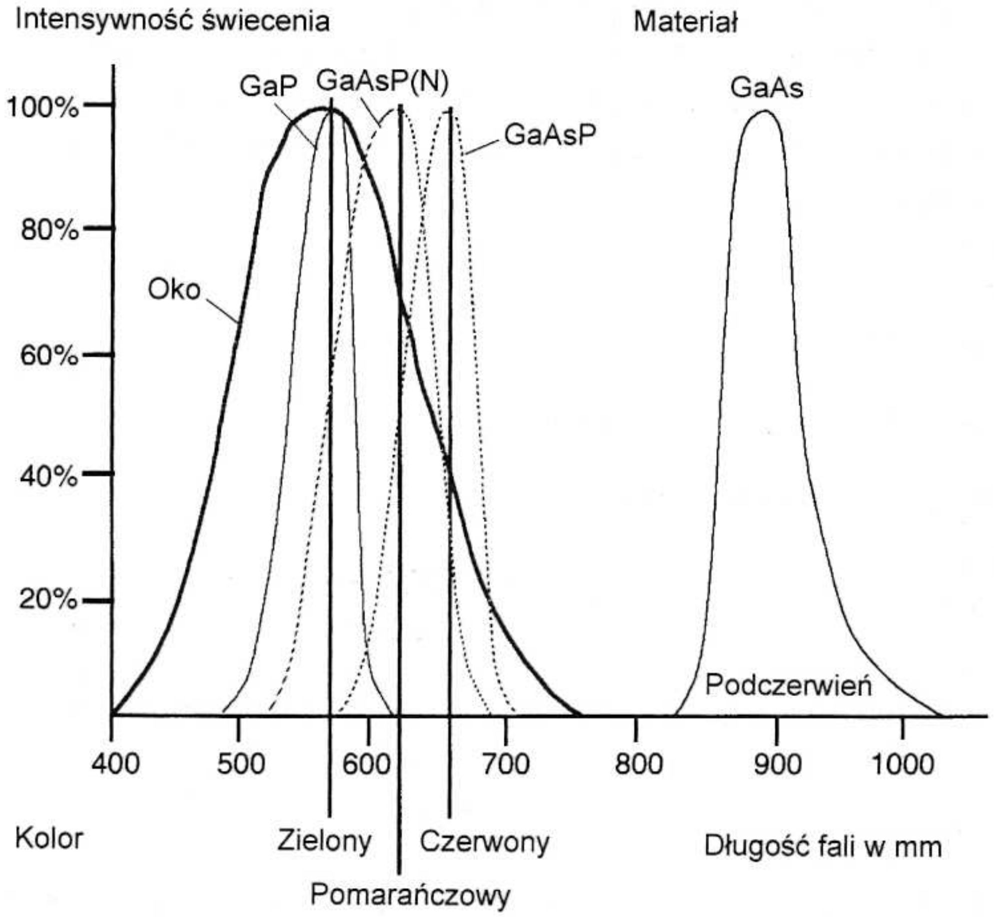
Obliczenie rezystora

$$R = \frac{U_B - U_{LED}}{I_{LED}}$$

gdzie:
R – dobierana rezystancja,
U_B – napięcie w instalacji,
U_{LED} – napięcie przewodzenia,
I_{LED} – natężenie prądu przewodzenia (maks. 20 mA).

Napięcie przewodzenia diod LED:
- czerwonej ok. 1,6 V;
- pomarańczowej ok. 2.2 V;
- zielonej ok. 2,7 V;
- żółtej ok. 2,4 V;
- niebieskiej ok. 4,0 V.

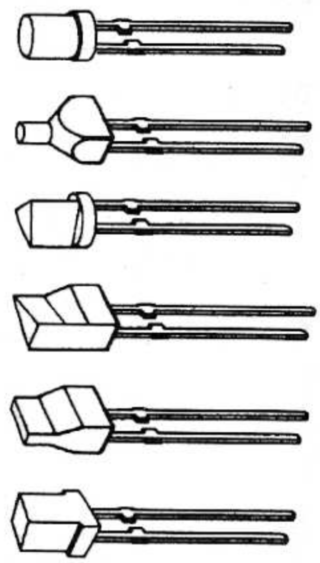
Kolory diod świecących (rys. 5.23)



Rys. 5.23
Kolory diod LED

Zalety diod LED:

- ❑ niewielkie napięcie robocze,
- ❑ niewielkie natężenie prądu,
- ❑ praktycznie brak bezwładności,
- ❑ zdolność prostowania prądu,
- ❑ brak impulsu prądowego przy włączaniu,
- ❑ znikome wymiary,
- ❑ nie wymaga oprawki,
- ❑ odporna na drgania i uderzenia,
- ❑ duży kąt świecenia,
- ❑ duża trwałość,
- ❑ różne kolory,
- ❑ tania,
- ❑ łatwa zabudowa do wskazań cyfrowych.



Rys. 5.24
Różne formy obudowy diod LED

Wady diod LED:

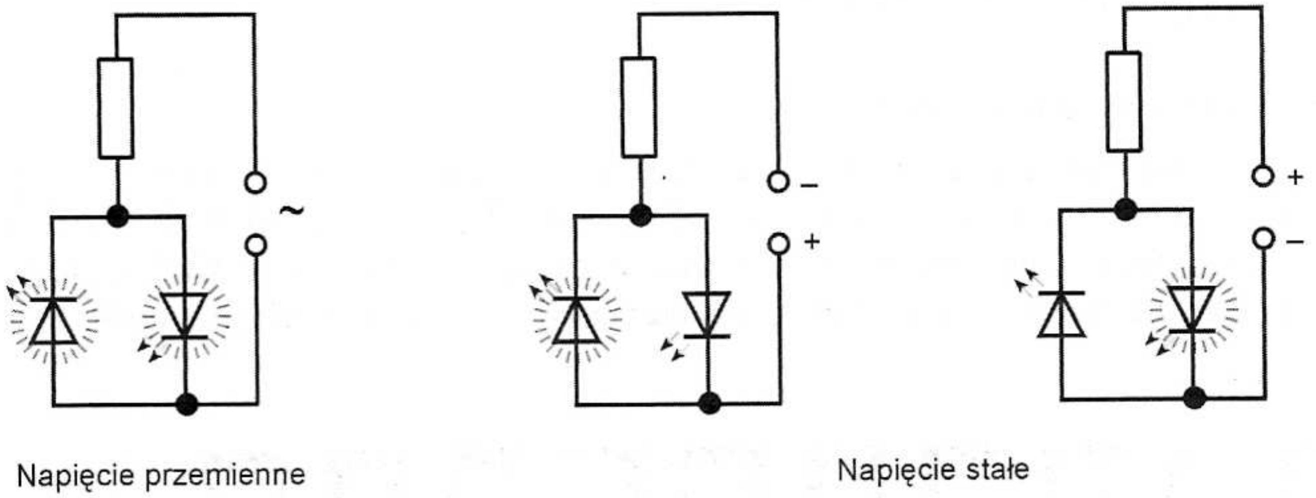
- ❑ bardzo mały współczynnik sprawności, czyli stosunek doprowadzonej energii elektrycznej do oddanej energii świetlnej (dlatego diody LED nie są używane do celów oświetleniowych, lecz wyłącznie jako lampki kontrolne i ostrzegawcze);
- ❑ mają niewielkie napięcie zaporowe.

5.3.3. Przykłady zastosowań

Lampki kontrolne z diodami LED

Prąd płynący przez diodę LED, użytą jako lampka kontrolna jest tak mały, że nie grozi zniszczeniem elementów elektronicznych. Próbnik kontrolny jest wyposażony na ogół w dwie diody świecące LED. Dzięki temu można:

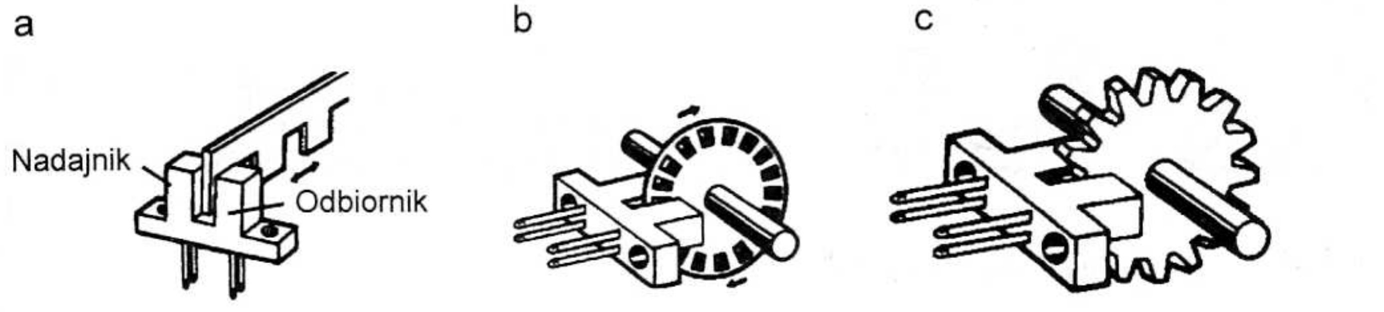
- ustalić rodzaj napięcia (stałe, czy przemienne),
- przy napięciu stałym oznaczyć biegunowość (rys. 5.25).



Rys. 5.25
Oznaczanie rodzaju napięcia i biegunowości w lampie diagnostycznej z diodą LED

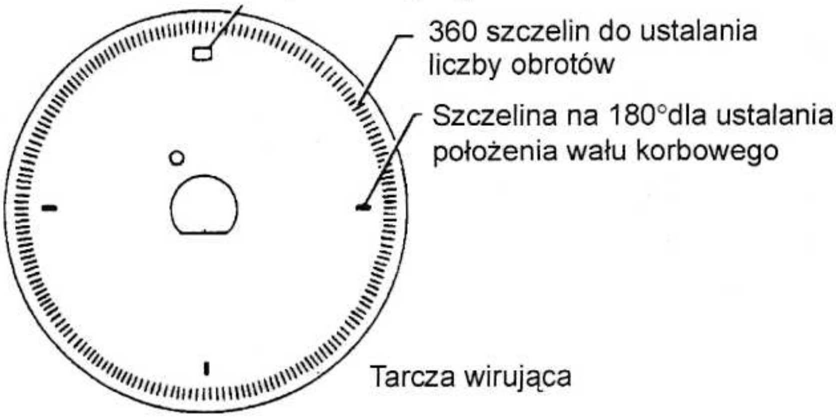
Zapora świetlna

Wszelkiego rodzaju ruchy mechaniczne można analizować za pomocą elementów optoelektronicznych. Takie czujniki są zbudowane z diody LED jako nadajnika światła i światłoczułego odbiornika (rys. 5.26).



Rys. 5.26
Możliwości zastosowań zapór świetlnych: a) rejestrowanie ruchów wzdłużnych, b) rejestrowanie ruchów obrotowych, c) sprawdzanie koła zębatego

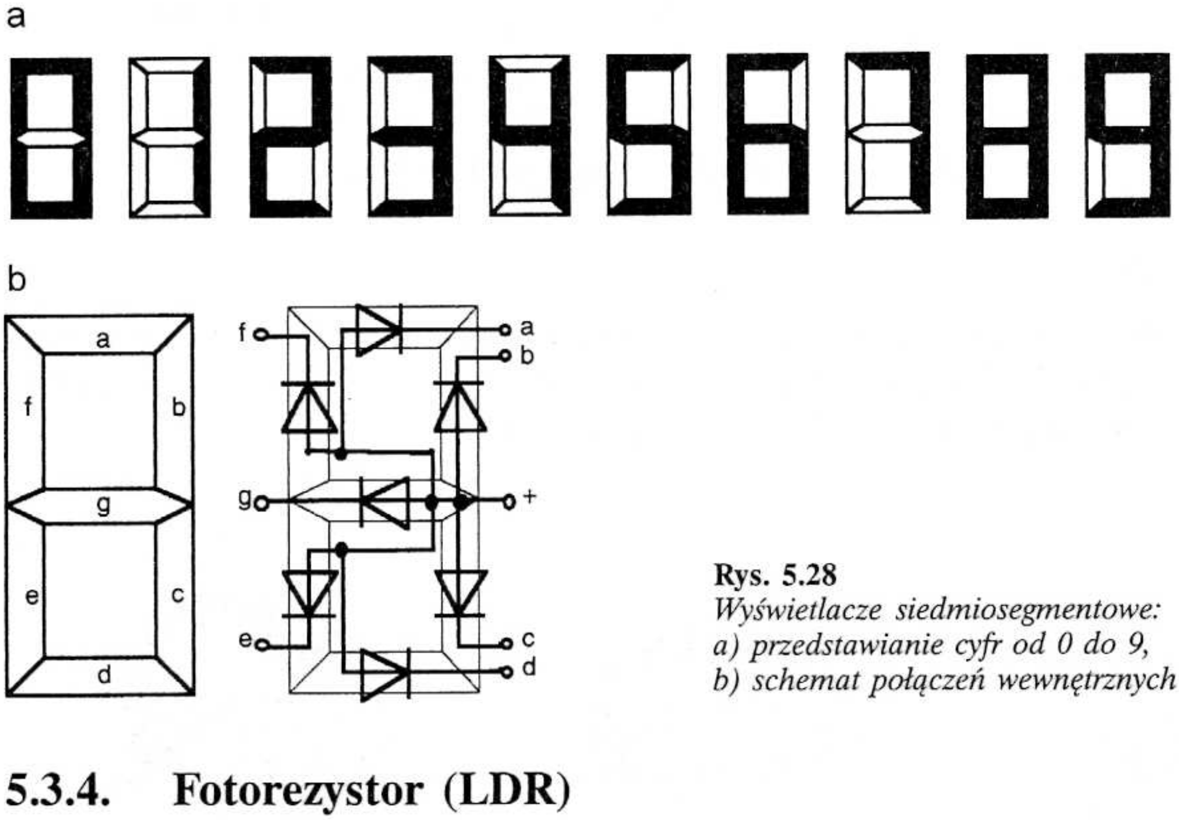
W niektórych japońskich samochodach ustalanie położenia wału korbowego, a tym samym oznaczenie punktu zapłonu, realizuje się za pomocą zapory świetlnej. Wirująca tarcza ma 360 szczelin w celu pomiaru prędkości obrotowej silnika i dodatkowo 4 szczeliny do ustalania położenia wału korbowego i pierwszego cylindra.



Rys. 5.27
Czujnik kąta obrotu wału korbowego

Wyświetlacze siedmiosegmentowe

Za pomocą diod świecących można łatwo przedstawiać liczby, cyfry i symbole. W siedmiosegmentowym wyświetlaczu LED umieszczono 7 diod świecących w układzie belkowym. Dzięki temu można odwzorować wszystkie cyfry od 0 do 9. Umieszczenie takich segmentów obok siebie umożliwia przedstawianie liczb wielocyfrowych.

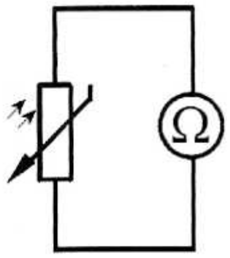


Rys. 5.28
Wyświetlacze siedmiosegmentowe:
a) przedstawianie cyfr od 0 do 9,
b) schemat połączeń wewnętrznych

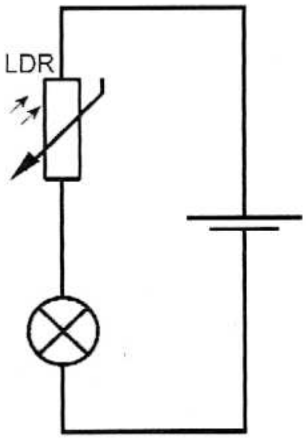
5.3.4. Fotorezystor (LDR)

W materiałach półprzewodnikowych, dzięki doprowadzeniu energii, można wyrwać elektrony z ich połączeń i zwiększyć dzięki temu przewodność materiału. Światło jest także rodzajem energii, można nim zatem wpływać na przewodność materiału. I tak np. w skład każdej zapory świetlnej wchodzi również światłoczuły odbiornik. Na rysunku 5.29 pokazano obwód z rezystorem o rezystancji zależnej od intensywności światła, zwanym fotorezystorem, w skrócie LDR (**L**ight-**D**ependent-**R**esistor).

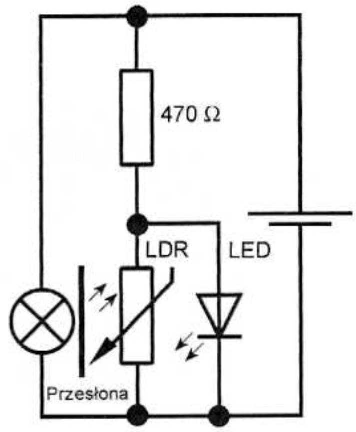
Ze wzrostem strumienia światła zmniejsza się rezystancja fotorezystora (LDR).



Rys. 5.29
Obwód z fotorezystorem LDR



Rys. 5.30
Regulacja intensywności oświetlenia wskaźników z LDR



Rys. 5.31
Zapora świetlna z LDR

Zastosowania

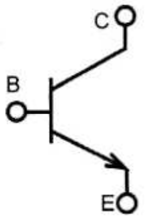
- Regulacja intensywności oświetlenia zestawu wskaźników (rys. 5.30).
  We współczesnych samochodach oświetlenie zestawu wskaźników na tablicy rozdzielczej jest regulowane automatycznie. Chodzi o uniknięcie w nocy efektu oślepiania na skutek ich zbytniej jaskrawości. W tym celu musi być zmierzona jasność i za pomocą urządzenia analizującego dostosowana odpowiednio moc prądu oświetlenia zestawu wskaźników.

Im intensywniejsze oddziaływanie światła na fotorezystor LDR, tym większa jest jasność żarówki.

- Odbiornik w zaporze świetlnej (rys. 5.31).
  Przerwanie dopływu światła powoduje zmianę rezystancji, co może być wykorzystane w urządzeniu włączającym.
  Jest przesłona pomiędzy źródłem światła i LDR: dioda LED świeci
  Nie ma przesłony pomiędzy źródłem światła i LDR dioda LED nie świeci

5.4. Tranzystor

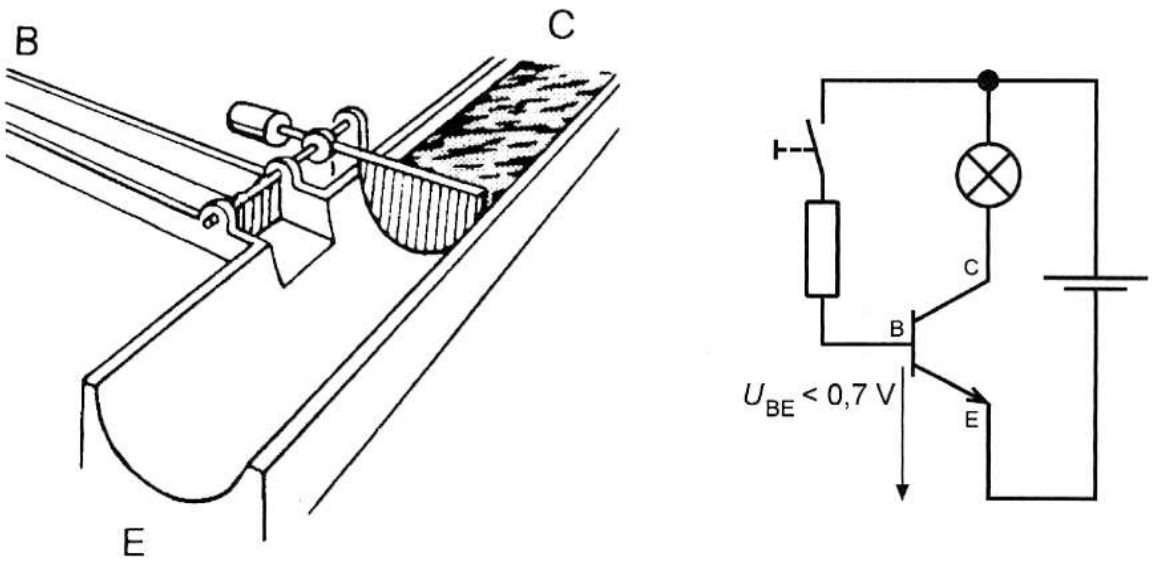
Tranzystor ma 3 końcówki (elektrody) o nazwach: kolektor (C), baza (B) i emiter (E) (rys. 5.32).



Rys. 5.32
Symbol graficzny tranzystora

Zestyk otwarty (rys. 5.33)

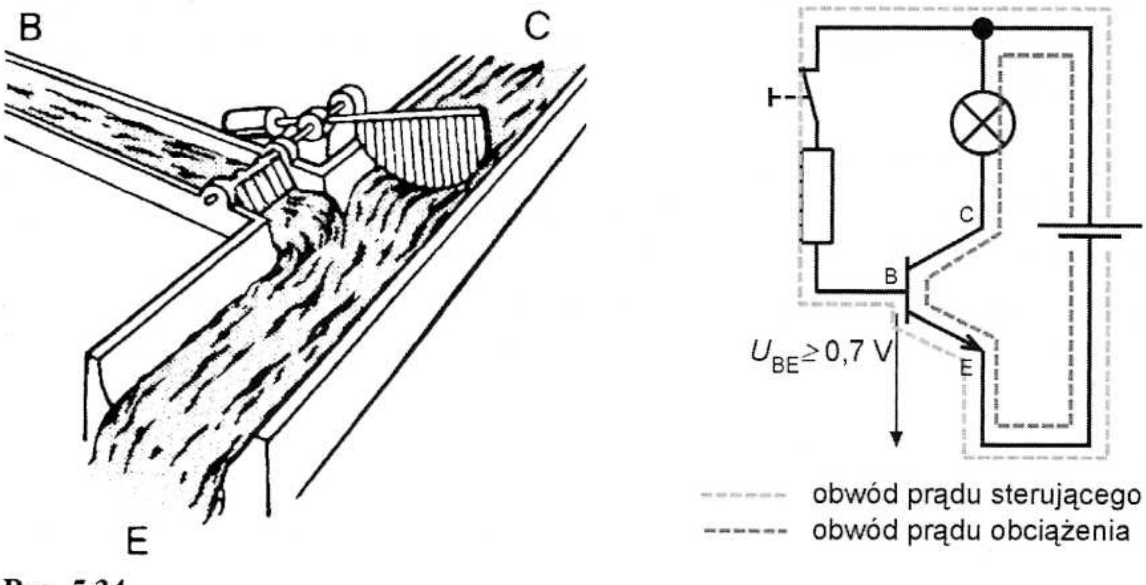
Napięcie baza-emiter U_{BE} wynosi poniżej 0,7 V.
Pomiędzy kolektorem i emiterem nie ma przewodzenia. Tranzystor blokuje prąd.



Rys. 5.33
Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako otwarty zestyk

Zestyk zamknięty (rys. 5.34)

Napięcie baza-emiter U_{BE} jest większe niż 0,7 V.
Pomiędzy kolektorem i emiterem jest przewodzenie. Tranzystor nie blokuje prądu.



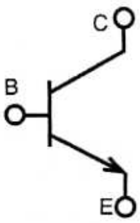
Rys. 5.34
Rysunek modelu i układ połączeń: tranzystor jako zamknięty zestyk

Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektor-emiter.

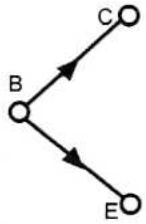
5.4.1. Funkcje

Tranzystor ma trzy końcówki (rys. 5.35):

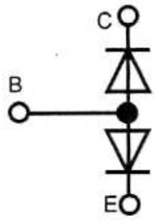
- baza (B),
- kolektor (C),
- emiter (E).



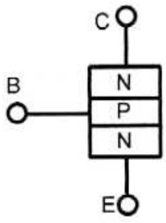
Rys. 5.35



Rys. 5.36



Rys. 5.37



Rys. 5.38

Punkty, pomiędzy którymi płynie prąd w tranzystorze, są połączone strzałkami zgodnie z kierunkiem przepływu prądu (rys. 5.36):

- ❑ od B (+) do C (−),
- ❑ od B (+) do E (−).

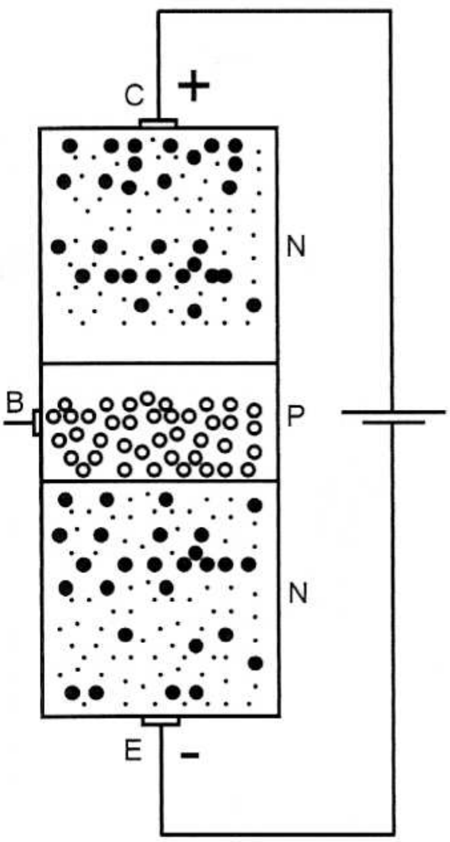
Dla łatwiejszego zrozumienia można sobie przedstawić tranzystor jako dwie diody połączone szeregowo (rys. 5.37).

Wskazówka

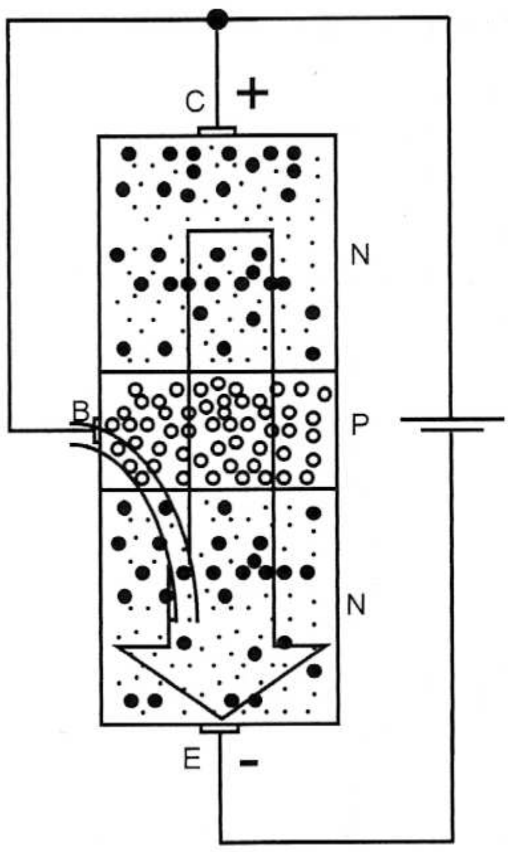
Nie wystarczy jednak połączyć dwie diody, żeby powstał tranzystor.
O diodzie wiemy już, że po złączeniu dwóch warstw półprzewodnikowych powstaje złącze p-n (rys. 5.38).

Tranzystor składa się w zasadzie z trzech warstw półprzewodnikowych. Kiedy dwie warstwy n rozdzielone są warstwą p, mówimy o tranzystorze n-p-n. Tranzystor ma dwa złącza p-n ze znaną już w diodzie warstwą zaporową.

Po przyłożeniu napięcia do emitera (E) i kolektora (C) prąd nie popłynie (rys. 5.39). Powód: warstwa zaporowa na złączu p-n staje się większa z powodu



Rys. 5.39
Brak prądu bazy – tranzystor blokuje



Rys. 5.40
Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektora

odsysania elektronów do bieguna dodatniego. Po przyłożeniu dodatkowo do bazy (B) niewielkiego napięcia (ok. 0,7 V), elektrony zostają przemieszczone w rejon bazy, gdzie połączą się z nielicznymi dziurami w obszarze bazy.

Zaczyna płynąć niewielki prąd bazy. Jeśli teraz do kolektora przyłożone jest napięcie, wówczas elektrony z obszaru bazy dostają się w strefę wpływu napięcia kolektora. Tranzystor traci właściwości zaporowe i zaczyna płynąć prąd. Udaje się więc za pomocą niewielu elektronów w obszarze bazy sterować wielką ilością elektronów, czyli dużym prądem kolektora (rys. 5.40).

Poprzez zmianę prądu bazy można prąd kolektor-emiter wzmocnić, osłabić, włączyć albo wyłączyć. Tranzystor może zatem być użyty jako wzmacniacz lub zestyk.

5.4.2. Tranzystor jako element sterowalny

Ustalanie minimalnego napięcia baza-emiter (rys. 5.41)

U_{BE} – napięcie pomiędzy bazą i emiterem
U_{BE} ≈ 70 V

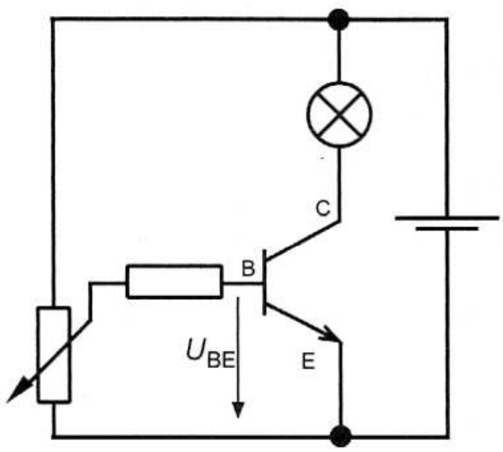
Przy jakim napięciu pomiędzy bazą i emiterem U_{BE} tranzystora, obwód kolektor-emiter w tranzystorze zacznie przewodzić prąd na tyle, żeby zaświeciła się żarówka?

Konieczne jest napięcie baza-emiter U_{BE} około +0,7 V, aby obwód kolektor-emiter tranzystora zaczął przewodzić prąd.

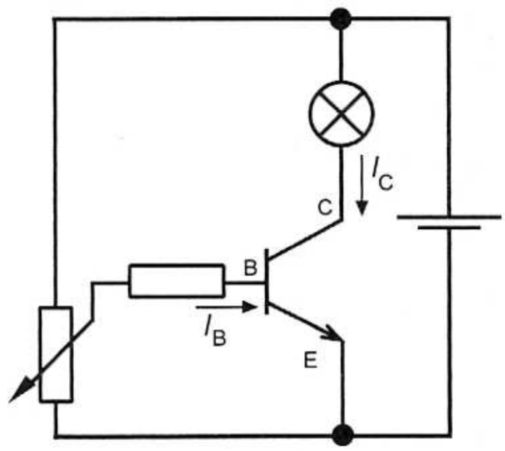
Stosunek prądu kolektora do prądu bazy

I_B – prąd bazy
I_C – prąd kolektora
I_B – 0,25 mA
I_C – 80 mA

Wzmocnienie prądu *B* wynosi tyle, ile razy prąd kolektora jest większy od prądu bazy (rys. 5.42)



Rys. 5.41
Niezbędne napięcie baza-emiter dla przepływu prądu przez tranzystor

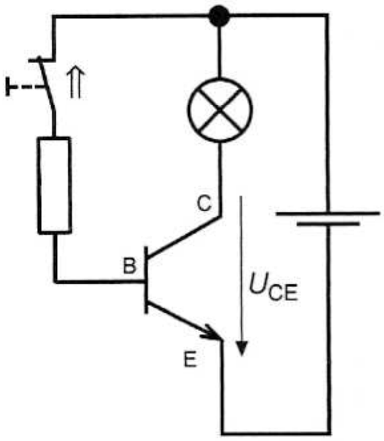


Rys. 5.42
Ustalenie wzmocnienia prądu B tranzystora

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{80\ \text{mA}}{0{,}25\ \text{mA}} = 320$$

Mały prąd bazy steruje dużym prądem kolektora

Spadek napięcia w tranzystorze w stanie przewodzenia (rys. 5.43)
U_{CE} – napięcie pomiędzy kolektorem i emiterem
$U_{CE} \approx 0{,}29$ V



Rys. 5.43
Spadek napięcia w przewodzącym tranzystorze

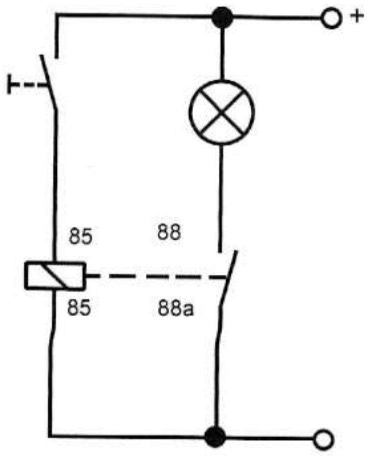
Tranzystor jest w stanie przewodzenia, to znaczy obwód kolektor-emiter przewodzi prąd; w idealnym złączu spadek napięcia powinien wynosić 0 V.

W tranzystorze w stanie przewodzenia występuje spadek napięcia w obwodzie kolektor-emiter, który powoduje nagrzewanie się tranzystora.

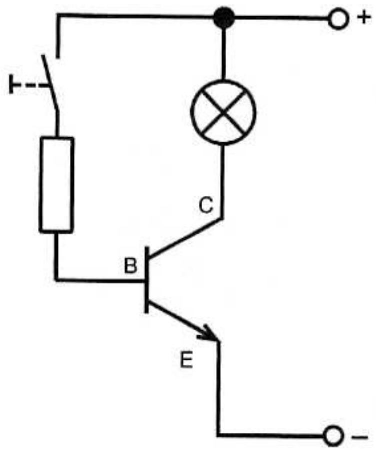
5.4.3. Porównanie tranzystora z przekaźnikiem

Tablica 5.2.

Zalety	
Przekaźnik	**Tranzystor**
❑ Nieczuły na krótkie przepięcia, dlatego idealny do włączania świateł z powodu wysokiego prądu włączania żarówki (zachowanie jak PTC). ❑ Bardzo mały spadek napięcia na zamkniętych zestykach roboczych, stąd znikome straty i niewielkie nagrzewanie się. ❑ Prawie nieczuły na temperaturę.	❑ Prawie się nie zużywa. ❑ Potrzebne są bardzo małe prądy sterujące. ❑ Możliwa jest duża częstotliwość przełączeń, np. przy zapłonie tranzystorowym. ❑ Odporny na wibracje.
Wady	
❑ Możliwa ograniczona częstotliwość włączeń. ❑ Zużywanie się styków. ❑ Przy wyłączaniu przekaźnika powstają napięcia indukcyjne w cewce.	❑ Wrażliwy na temperaturę. ❑ Wrażliwy na przepięcia. ❑ Wrażliwy na piki prądu. ❑ Spadek napięcia na włączonym tranzystorze prowadzi do nagrzewania się (konieczność chłodzenia).

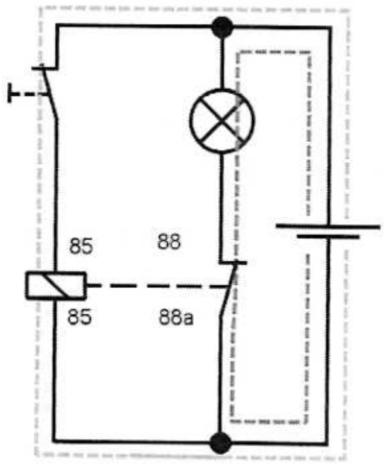


Rys. 5.44
Przekaźnik jako wyłącznik

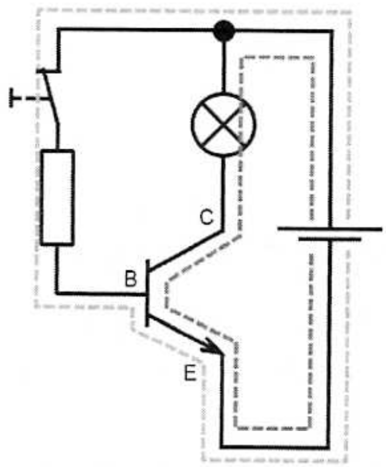


Rys. 5.45
Tranzystor jako wyłącznik

Prąd sterowania i prąd obciążenia (rys. 5.46 i 5.47)



Rys. 5.46
Prąd sterowania i prąd obciążenia przekaźnika



Rys. 5.47
Prąd sterowania i prąd obciążenia tranzystora

Mały prąd sterowania steruje dużym prądem obciążenia.

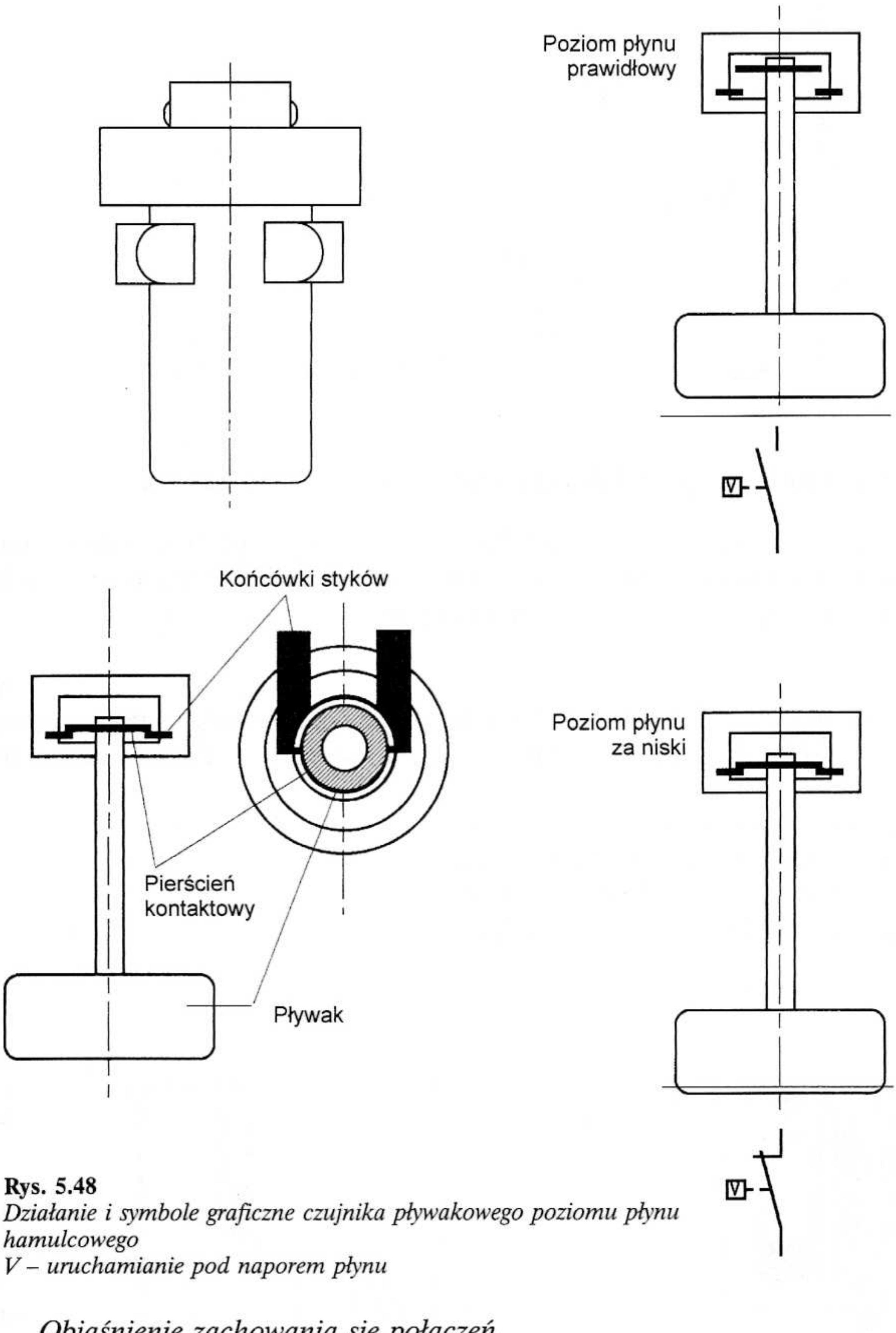
5.4.4. Funkcje sprawdzania i kontroli

Współczesne samochody mają urządzenia ostrzegawcze, które sygnalizują kierowcy brak światła hamowania albo drogowego, informują o spadku poziomu płynu hamulcowego, zużytych wkładkach ciernych hamulców, itp.

Po włączeniu zapłonu, wszystkie lampki kontrolne wskaźników na krótko zapalają się, aby potwierdzić ich działanie.

Poziom płynu hamulcowego (rys. 5.48 i 5.49)

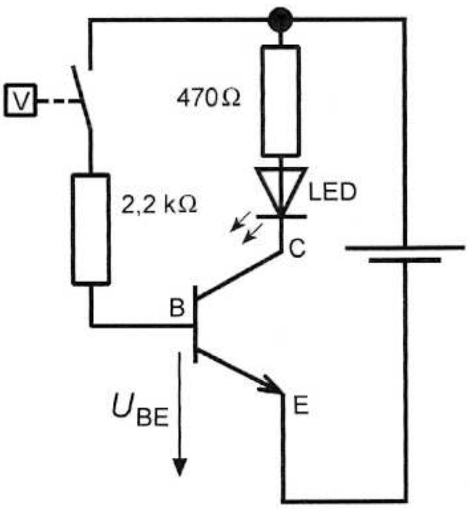
Zestyk pływakowy powinien pozostawać otwarty przy prawidłowym poziomie płynu hamulcowego. Gdy poziom jest zbyt niski, wówczas zestyk się zwiera i powinna zaświecić się lampka kontrolna.



Rys. 5.48
Działanie i symbole graficzne czujnika pływakowego poziomu płynu hamulcowego
V – uruchamianie pod naporem płynu

Objaśnienie zachowania się połączeń

- Zestyk otwarty: $U_{BE} = 0$ V.
  Przez bazę nie może popłynąć prąd, więc w obwodzie kolektor-emiter także nie popłynie prąd, dioda LED się nie zaświeci.
- Zestyk zamknięty: $U_{BE} = 0{,}81$ V.
  Przez bazę płynie prąd sterowania, więc w obwodzie kolektor-emiter także popłynie prąd, dioda LED się zaświeci.



Rys. 5.49
Schemat kontroli poziomu płynu hamulcowego
Obserwacja:
Zestyk otwarty → dioda LED się nie świeci
Zestyk zamknięty → dioda LED się świeci

5.4.5. Wskaźnik zużycia hamulcowych wkładek ciernych

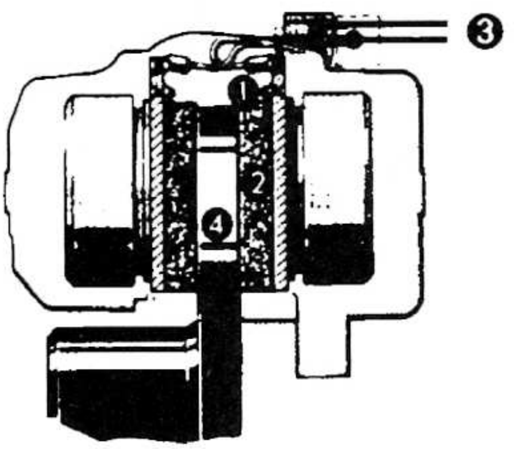
Czujnikiem jest przymocowana do wkładki ciernej druciana pętla w osłonie. Po starciu wkładki pętla zostaje zniszczona, a więc przerwana. Po wymianie wkładek ciernych należy podłączyć czujnik ich zużycia (rysunki 5.50 do 5.52).

Problem

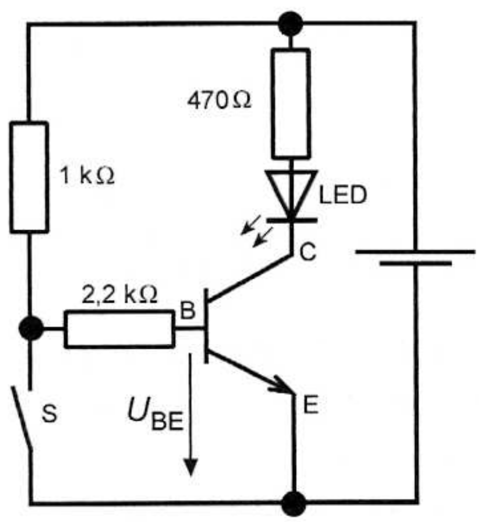
Lampka kontrolna nie świeci się tylko wtedy, kiedy wkładki cierne mają odpowiednią grubość, tzn. druciana pętla nie jest jeszcze wytarta, a więc zestyk S jest zamknięty.

- Okładzina w dobrym stanie.
  Zestyk zamknięty, dioda LED wyłączona.
- Okładzina starta do minimalnej grubości.
  Zestyk otwarty, dioda LED się świeci.

Rozwiązanie (rys. 5.51)



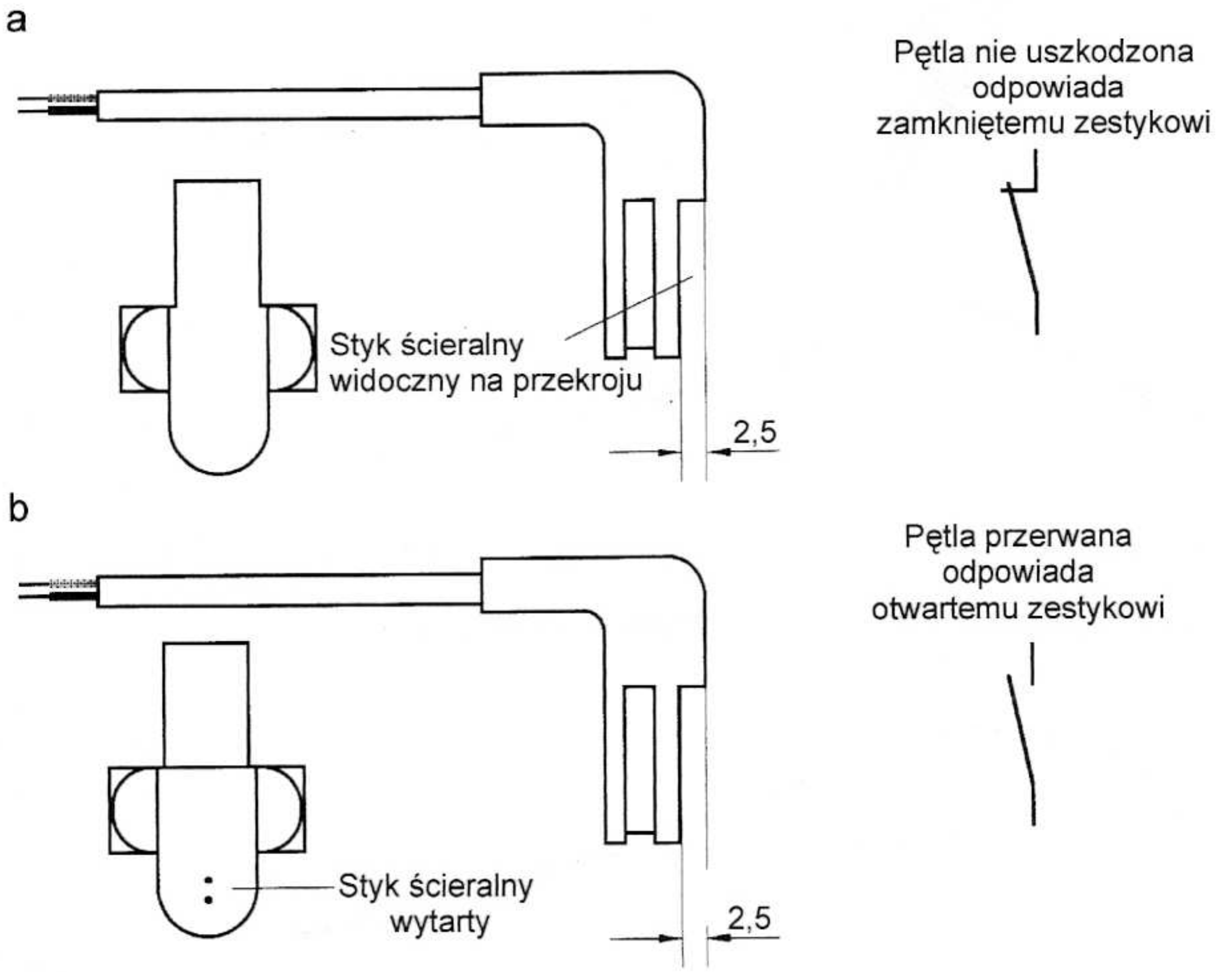
Rys. 5.50
Umieszczenie ścieralnych styków na wkładkach ciernych
1 – styki, 2 – wkładka cierna, 3 – wyjścia do urządzenia kontrolnego, 4 – tarcza hamulcowa



Rys. 5.51
Schemat czujnika zużycia wkładek ciernych. Zestyk łączy bazę z minusem (–)

Wyjaśnienie zachowania się połączeń

- Zestyk zamknięty: U_{BE} = 0,01 V.
  Prąd nie może płynąć przez bazę, więc w obwodzie kolektor-emiter nie płynie prąd i dioda LED się nie świeci.
- Zestyk otwarty: U_{BE} = 0,82 V.
  Przez rezystory 1 kΩ i 2,2 kΩ prąd płynie do bazy, więc w obwodzie kolektor-emiter płynie prąd i dioda LED się świeci.

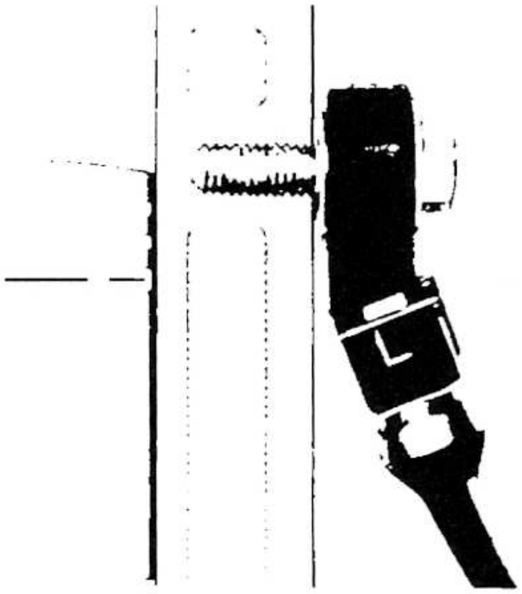


Rys. 5.52
Schematy i symbole czujnika zużycia wkładek ciernych:
a) grubość wkładek ciernych prawidłowa, b) grubość wkładek ciernych za mała

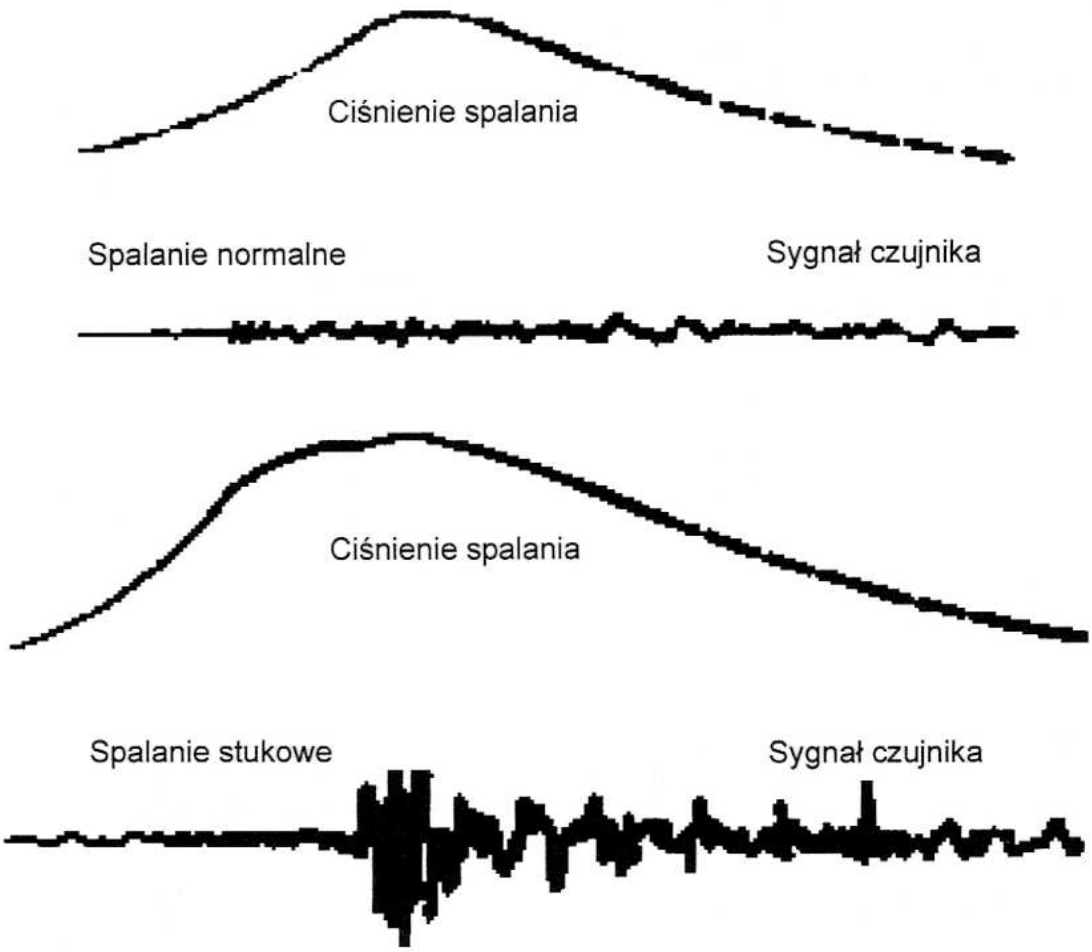
5.4.6. Tranzystor jako wzmacniacz

Do regulacji przeciwdetonacyjnej w silnikach o zapłonie iskrowym, wykorzystuje się czujniki (tzw. czujniki spalania stukowego), które odbierają drgania towarzyszące spalaniu detonacyjnemu i przekazują odpowiednie sygnały do urządzenia sterującego w celu ich analizy (rysunki 5.53 i 5.54). Piezoelektryczny czujnik spalania stukowego przy prawidłowej pracy silnika wysyła bardzo słabe sygnały, które w urządzeniu sterującym są wzmacniane i analizowane. Do wzmocnienia takich słabych sygnałów można zastosować tranzystory.

Wzmacniacz wymaga dwóch przyłączy wejściowych i dwóch wyjściowych (rys. 5.55). Jeżeli będzie zastosowany jeden tranzystor, wtedy jedno z jego



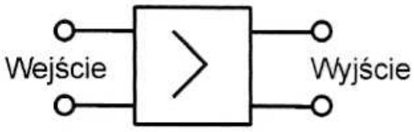
Rys. 5.53
Umieszczenie czujnika spalania stukowego w kadłubie silnika



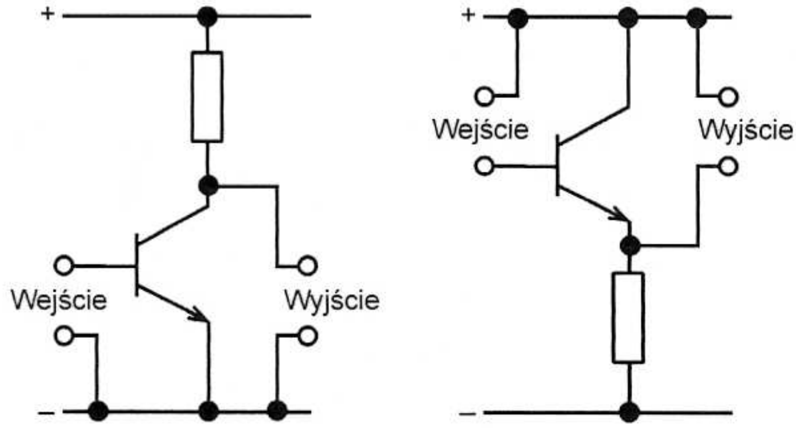
Rys. 5.54
Sygnały czujnika spalania stukowego

trzech przyłączy należy wykorzystać jednocześnie jako wejście i wyjście wzmacniacza.

Z powodu wspólnego przyłącza powstało określenie takich układów połączeń. Najczęściej stosowane w samochodach są połączenia o wspólnym emiterze, a także jedna z form połączeń o wspólnym kolektorze, zwane wtórnikami emiterowymi (rys. 5.56).



Rys. 5.55
Schemat połączeń wzmacniacza



Rys. 5.56
Dwa najważniejsze układy połączeń tranzystorów

5.4.7. Układ Darlingtona

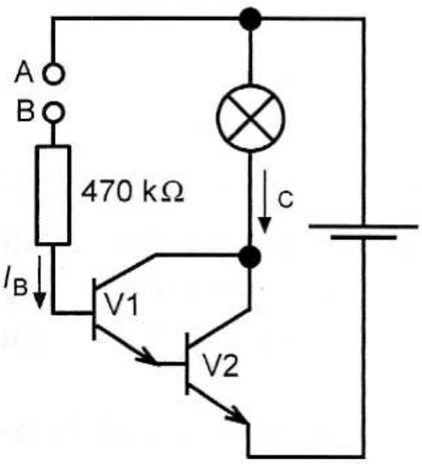
Problem

Współczesne układy zapłonowe w normalnych warunkach muszą zagwarantować w obwodzie prądu pierwotnego prąd zestyku 10 A i jednocześnie stabilność napięcia.

Rozwiązanie

Ponieważ pojedyncze tranzystory dla wysokich mocy zestyku dają stosunkowo małe wzmocnienie prądu, konieczne są duże prądy bazy, co najprościej można zrealizować za pomocą drugiego, bezpośrednio przed nim połączonego tranzystora.

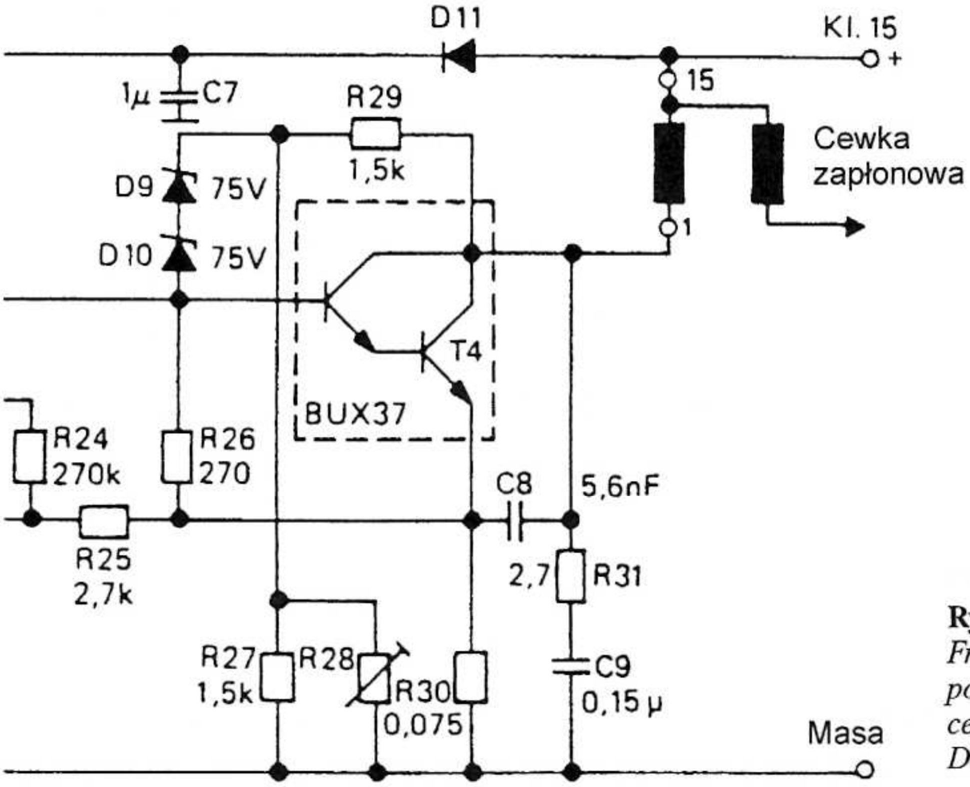
Bardzo mały przepływ prądu przez złącza A i B wystarcza, aby połączyć cały obwód wzmacniający (rys. 5.57).



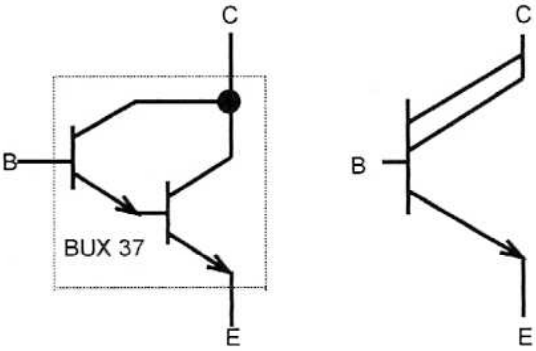
Rys. 5.57
Wzmocnienie dwóch tranzystorów umieszczonych kaskadowo

$$B = \frac{I_C}{I_B} = \frac{101\ \text{mA}}{0{,}017\ \text{mA}} = 5941$$

W praktyce mamy do dyspozycji gotowe układy połączeń z dwoma połączonymi kaskadowo tranzystorami, oferowane jako **tranzystory Darlingtona**, np. BUX 37 (rysunki 5.58 i 5.59). Mają one zwyczajowe obudowy i zewnętrznie nie różnią się od pojedynczych tranzystorów.



Rys. 5.58
Fragment wewnętrznego układu połączeń urządzenia włączającego zapłon z tranzystorem Darlingtona BUX 37



Rys. 5.59
Symbol graficzny tranzystora BUX 37

5.4.8. Wtórnik emiterowy

Właściwości wzmacniacza przy połączeniu kolektorowym

W takim układzie połączeń obciążenie (żarówka) znajduje się za emiterem (rys. 5.60). Jeżeli U_1 jest mniejsze od napięcia progowego, wtedy tranzystor nie przewodzi prądu. Kiedy U_1 leży pomiędzy napięciem progowym i napięciem zasilania, wówczas $U_2 = U_1 - 0{,}7$ V.

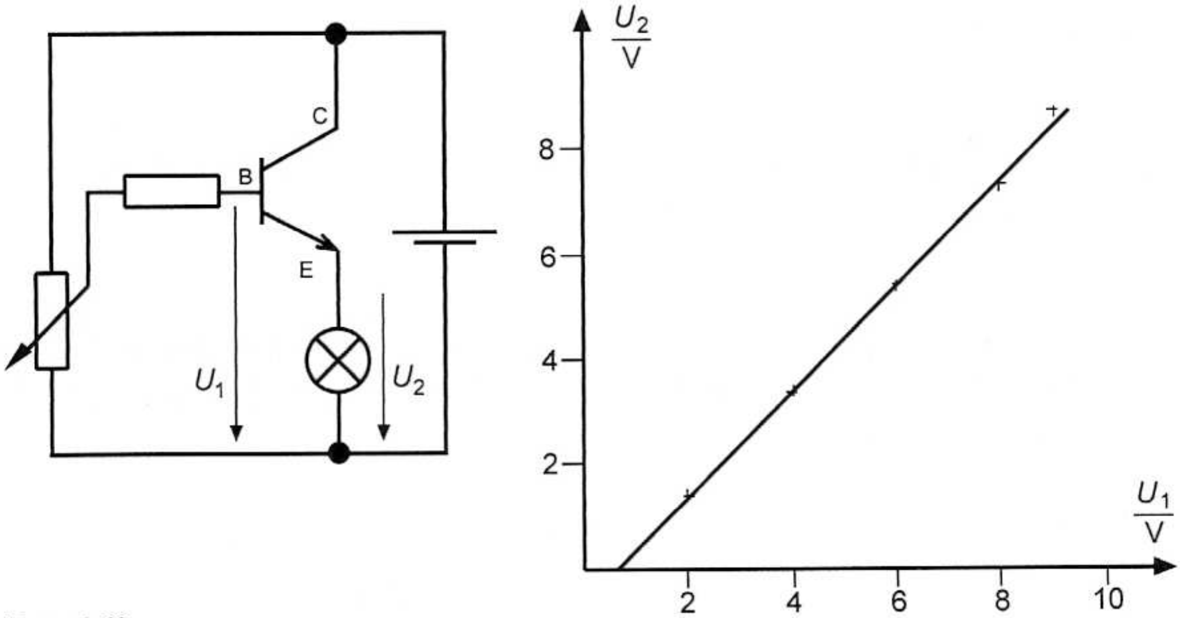
Ponieważ sygnał wyjściowy U_2 na emiterze „wtóruje" sygnałowi wejściowemu U_1 połączenie to jest nazywane wtórnikiem emiterowym.

Zastosowania w samochodzie

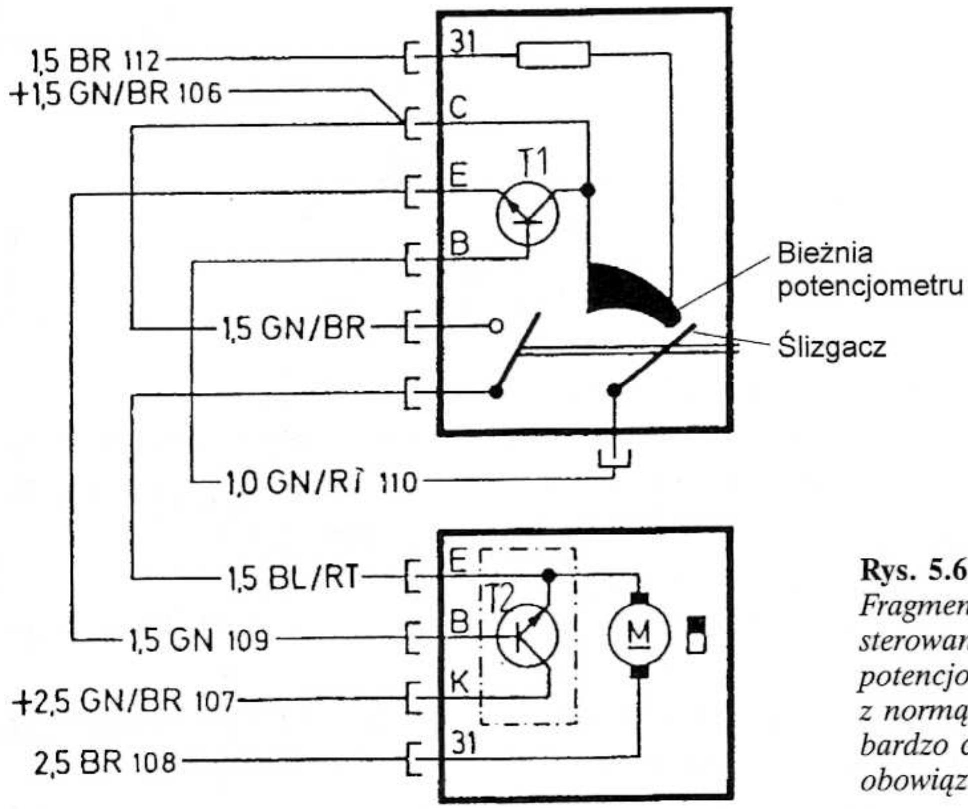
Na wycinku schematu połączeń (rys. 5.61) pokazano sterowanie prędkością obrotową silnika dmuchawy powietrza w BMW.

Jak biegną obwody prądu sterowania i prądu obciążenia w T1?

Obwód prądu sterowania: przez zmianę (za pomocą potencjometru) napięcia bazy można zmieniać napięcie emitera.



Rys. 5.60
Schemat połączenia tranzystorowego jako wtórnika emiterowego i wykres napięcia



Rys. 5.61
Fragment schematu obwodu sterowania dmuchawy. Przedstawienie potencjometru nie jest zgodne z normą. Na schematach producenci bardzo często nie stosują obowiązujących symboli graficznych

Obwód prądu obciążenia: od (+) przez kolektor i emiter w T1 do bazy w T2. Zmieniające się napięcie emitera w T1 steruje napięcie bazy w T2 (zasada układu Darlingtona).

Jak wygląda obwód prądu sterowania i obwód prądu obciążenia w T2?

Obwód prądu sterowania: obwód prądu roboczego w T1 jest obwodem prądu sterowania w T2.

Obwód prądu obciążenia: jako wtórnik emiterowy od (+) poprzez kolektor i emiter w T2 przez silnik do masy. Ustawienie pokrętła w potencjometrze na maksimum powoduje przyłożenie napięcia bezpośrednio do silnika.

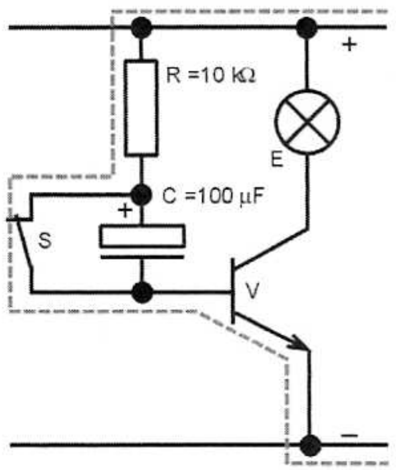
5.4.9. Opóźnienie wyłączania

Problem

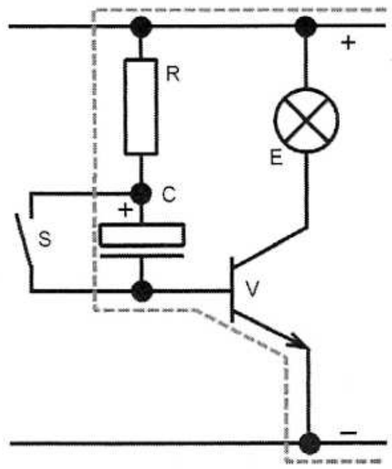
Kiedy opuszczamy samochód w ciemności, jeszcze przez chwilę powinno się palić światło w kabinie, aby można było pozamykać drzwi.

Rozwiązanie

Współczesne samochody mają oświetlenie wewnętrzne z **opóźnionym wyłączaniem**. Na rysunkach 5.62 i 5.63 wyłącznik w drzwiach oznaczono S, a żarówka E symbolizuje oświetlenie wewnętrzne.



Rys. 5.62
Schemat przebiegu prądu sterowania przy zamkniętym zestyku



Rys. 5.63
Schemat przebiegu prądu sterowania po otwarciu zestyku

- Wyłącznik w drzwiach zwarty: zestyk S zamknięty (rys. 5.62).
  Żarówka E się świeci, gdyż baza tranzystora V jest zasilana poprzez rezystor R. Kondensator jest rozładowany, ponieważ jest zwarty na krótko przez zestyk.
- Wyłącznik w drzwiach otwarty: zestyk S otwarty (rysunek 5.63).
  Żarówka jednak nadal świeci, gaśnie dopiero po pewnym czasie.
  Po otwarciu zestyku ładuje się kondensator. Prąd ładowania jest dla tranzystora prądem sterowania, żarówka nadal się świeci.
  Kiedy proces ładowania zostanie zakończony, wtedy nie płynie już prąd przez bazę, napięcie spada poniżej progowego, przez tranzystor nie płynie prąd.

Wpływ pojemności kondensatora i rezystancji na czas opóźnienia wyłączania jest następujący.

Im większa pojemność, tym większe opóźnienie. Im większa rezystancja, tym większe opóźnienie.

5.4.10. Bistabilny układ relaksacyjny

Problem

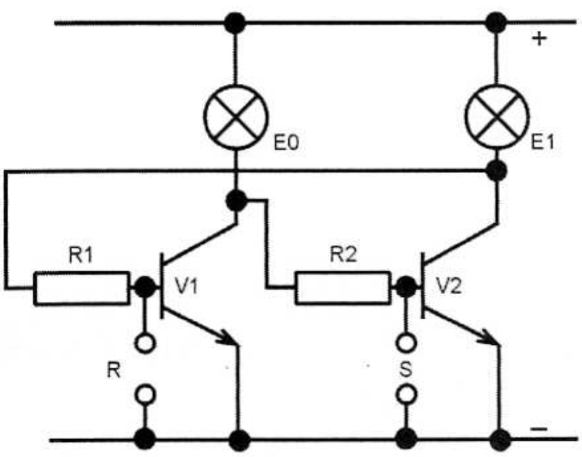
We wszystkich układach połączeń, które omówiliśmy do tej pory, stan połączenia był wynikiem zadziałania zestyku; np. zapalała się żarówka. Kiedy położenie zestyku zmieniło się, wtedy zmieniało się także zachowanie elementów obwodu

sterowanych prądem. Nic nie przypominało poprzedniego stanu połączeń. W urządzeniu alarmowym w samochodzie oznaczałoby to, że alarm natychmiast się wyłączy, kiedy złodziej dostanie się do środka i zamknie za sobą drzwi.

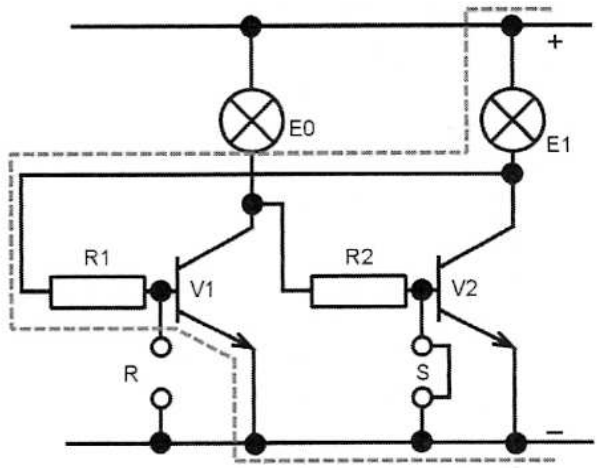
Rozwiązanie

Potrzebny jest układ połączeń, którego stan nie zmieni się, także po zniknięciu warunku, który stan ten spowodował (rys. 5.64).

Która żarówka się zaświeci kiedy styki S (spinanie) zostaną zmostkowane, tj. połączone z biegunem ujemnym (rys. 5.65)?



Rys. 5.64
Schemat bistabilnego układu relaksacyjnego



Rys. 5.65
Schemat przebiegu prądu sterowania przy zmostkowaniu styków S

E0 się świeci

Zdejmijcie mostek z S

E0 nadal się świeci

Stan połączeń tranzystorów:

V1 – przewodzi prąd, V2 – nie przewodzi prądu.

Napięcie baza-emiter w obu tranzystorach:

- Mostek na S
  - V1: U_{BE} = 0,90 V.
  - V2: U_{BE} = 0,00 V.
- Po zdjęciu mostka z S
  - V1: U_{BE} = 0,89 V.
  - V2: U_{BE} = 0,41 V.

Połączcie styki R (rys. 5.66)

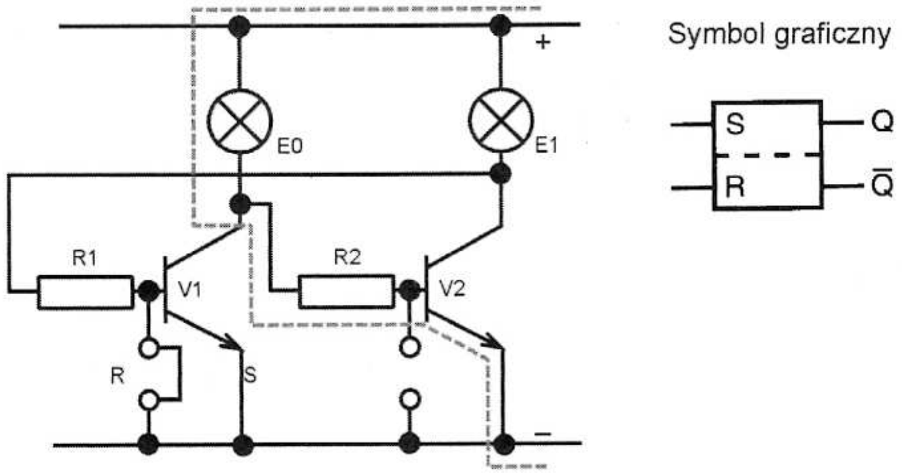
E1 świeci się

Zdejmijcie mostek z R

E1 nadal się świeci

Stan połączeń tranzystorów:

V1 – nie przewodzi prądu, V2 – przewodzi prąd



Rys. 5.66
Schemat przebiegu prądu sterowania przy zmostkowaniu styków R

Napięcie baza-emiter w obu tranzystorach:

- Mostek na R
  V1: U_{BE} = 0,00 V.
  V2: U_{BE} = 0,78V.
- Po zdjęciu mostka z R
  V1: U_{BE} = 0,06 V.
  V2: U_{BE} = 0,78 V.

Wyjścia podwójnie stabilnych połączeń są oznaczane: Q – wyjście znamionowe oraz $\overline{Q}$ – wyjście przeciwne, zwane też wyjściem negatywnym.

Bistabilny (czyli podwójnie stabilny) układ relaksacyjny może przyjmować dwa różne stany. Pozostaje on tak długo w początkowym układzie połączeń, dopóki nie zostanie ponownie zmieniony impulsem sterującym.

Zastosowanie bistabilnych układów relaksacyjnych: urządzenie alarmowe (rys. 5.67)

Urządzenie alarmowe, w którym ma się utrzymać wszczęty alarm, chociaż np. zamknięto z powrotem drzwi, jest prostym zastosowaniem bistabilnego układu relaksacyjnego.

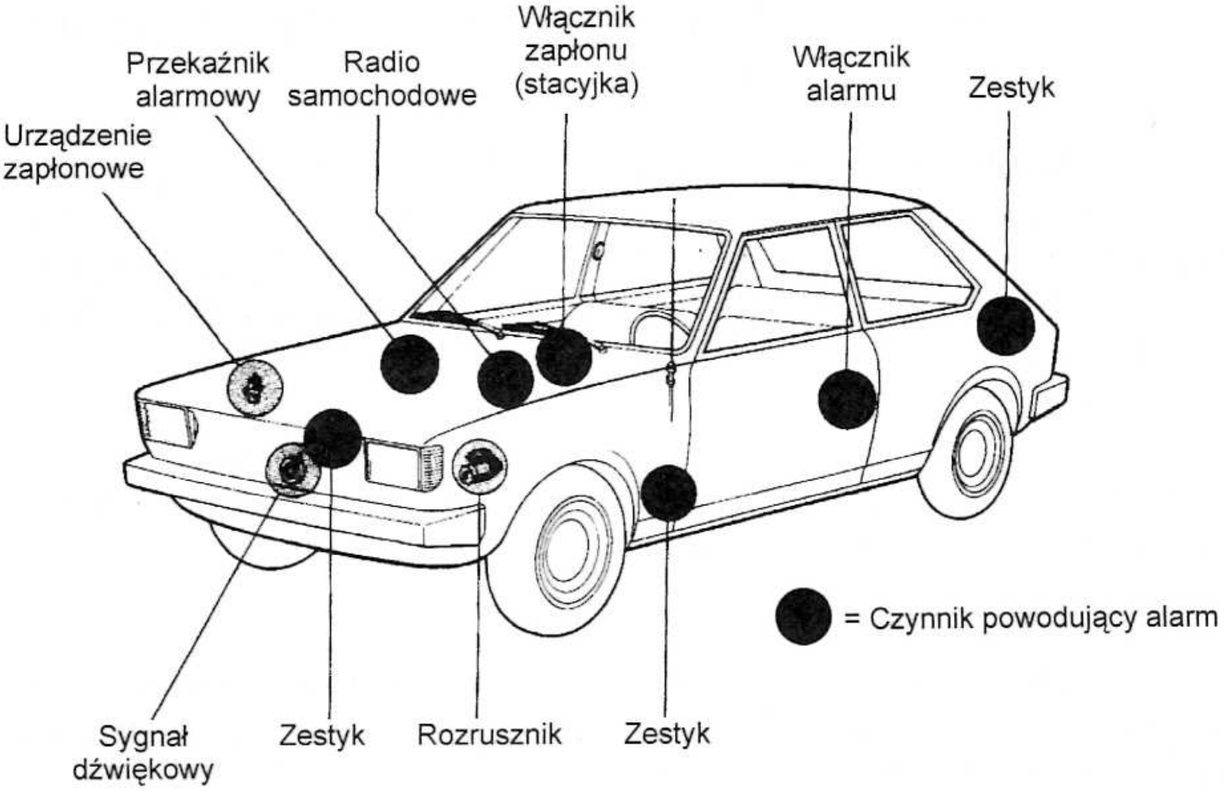
Alarm jest aktywowany albo po wszczęciu alarmu wyłączany przyciskiem T. Zestyk K symbolizuje urządzenie zabezpieczające.

Po zwarciu zestyków alarmowych urządzenie alarmowe powinno zadziałać. Żarówka E jest wskaźnikiem stanu alarmu.

Urządzenie alarmowe w stanie gotowości (rys. 5.68)

- Przycisk T najpierw uruchomiony, następnie zwolniony.
- Zestyk K otwarty.
- Żarówka E nie świeci się.

Lewy tranzystor V1 nie przewodzi prądu, gdyż poprzez przycisk T nastąpiło połączenie bazy z masą. W tej sytuacji baza prawego tranzystora V2 zostaje zasilona prądem poprzez żarówkę E i rezystor R2 (patrz zaznaczony na schemacie prąd sterowania). V2 przewodzi prąd. Napięcie pomiędzy kolektorem i emiterem w V2 jest jednak tak małe (0,7 V), że nie wystarcza do spowodowania przepływu prądu przez lewy tranzystor przy otwartym przycisku T. Żarówka się nie zaświeci.

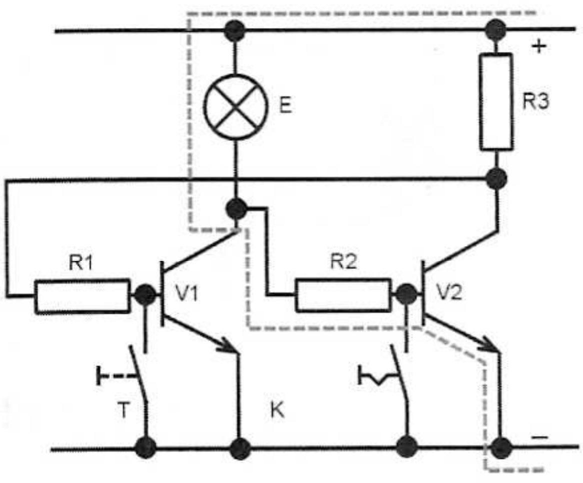


Rys. 5.67
Elementy prostej instalacji alarmowej w samochodzie

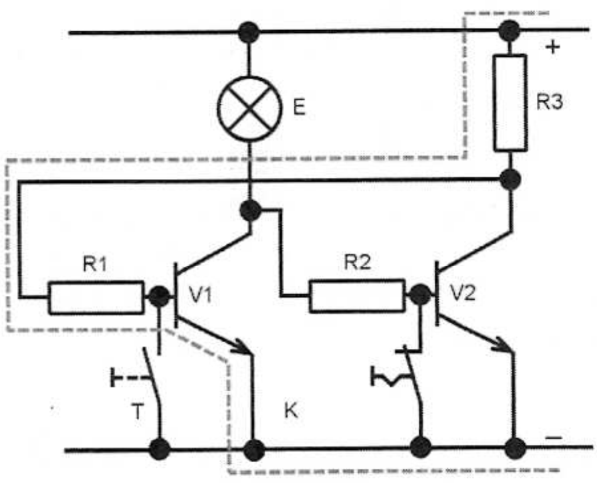
Alarm został wszczęty (rys. 5.69)

- Przycisk T otwarty.
- Zestyk K zamknięty.
- Żarówka E się świeci.

Prąd bazy w prawym tranzystorze V2 zostaje przerwany. Tranzystor V2 nie przewodzi prądu. Baza lewego tranzystora V1 otrzymuje prąd sterowania poprzez rezystory R3 i R1 (patrz zaznaczony na schemacie prąd sterowania). V1 przewodzi prąd, żarówka E się świeci. Po naciśnięciu przycisku T urządzenie ponownie wraca do stanu gotowości przy otwartym zestyku K.



Rys. 5.68
Przebieg prądu sterownia przy aktywnym urządzeniu alarmowym



Rys. 5.69
Przebieg prądu sterownia po włączeniu się alarmu

5.4.11. Monostabilny układ relaksacyjny (opóźnienie wyłączania)

Problem

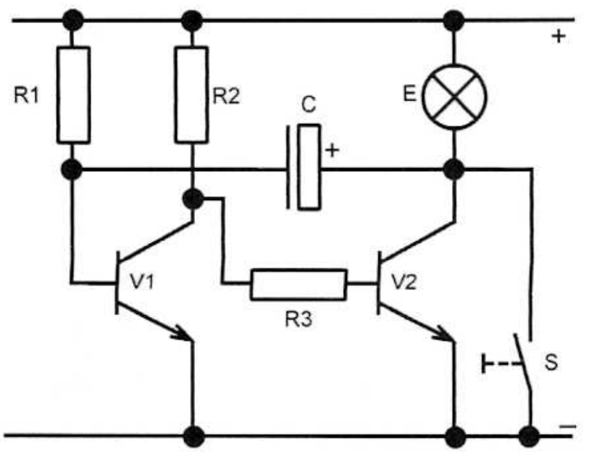
Większość samochodowych urządzeń do mycia szyb, oprócz dwustopniowego i przerywanego cyklu pracy wycieraczek, ma także, poprzez krótkie użycie włącznika spryskiwacza, możliwość wyzwalania impulsu spryskiwania i mycia szyb przez pewien stały czas. Wycieraczki szyb pracują przez chwilę, po czym automatycznie wracają do pozycji wyjściowej.

Rozwiązanie

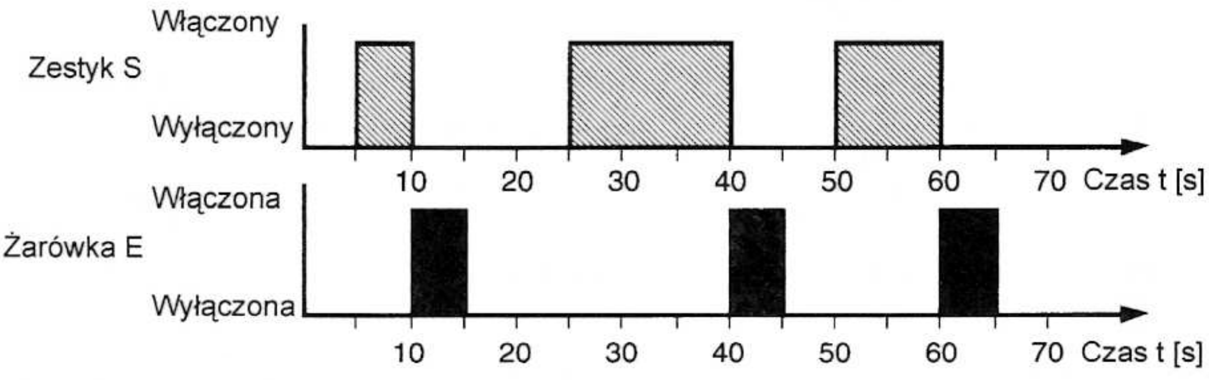
Takie zachowanie się układu połączeń może być zrealizowane dzięki monostabilnemu układowi relaksacyjnemu (rys. 5.70).

Zwłoka ze stałym czasem opóźnienia

Po wciśnięciu przycisku S żarówka świeci się przez pewien czas, a następnie znowu gaśnie. Czas świecenia po puszczeniu przycisku jest zawsze taki sam, niezależnie od tego, jak długo trzymaliśmy przycisk (rys. 5.71).



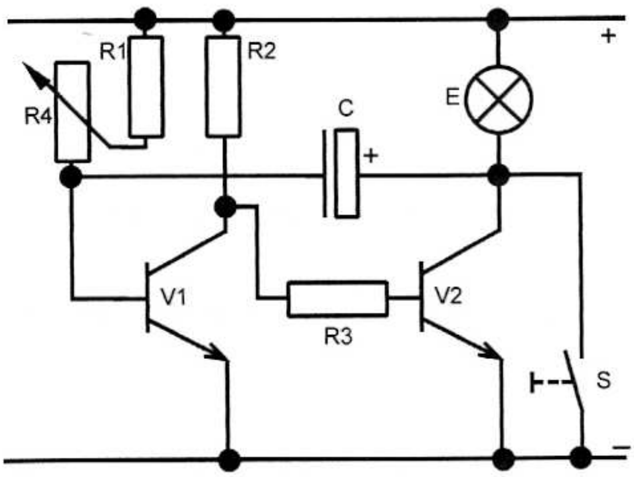
Rys. 5.70
Schemat monostabilnego układu relaksacyjnego



Rys. 5.71
Przebieg świecenia żarówki po zwolnieniu przycisku zestyku S

Zwłoka z regulowanym czasem opóźnienia

Za pomocą pokrętła potencjometru można ustawić różne czasy opóźnienia wyłączenia układu (rys. 5.72).



Rys. 5.72
Schemat monostabilnego układu relaksacyjnego z regulowanym czasem opóźnienia

Monostabilny (czyli jednokrotnie stabilny) układ relaksacyjny uruchomiony określonym impulsem powraca po wyznaczonym czasie do położenia spoczynkowego niezależnie od tego, jak długo trwał ten impuls.

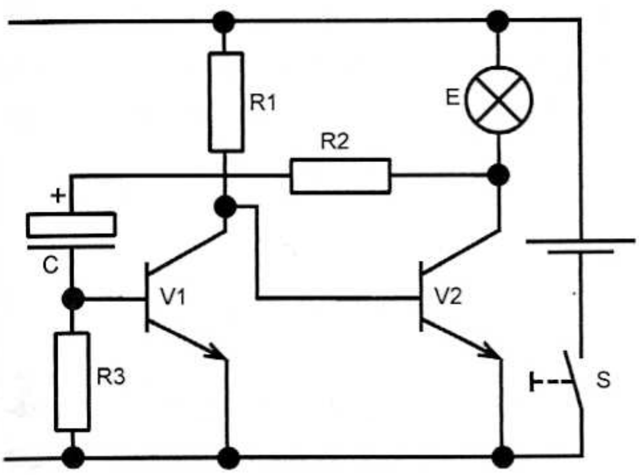
5.4.12. Monostabilny układ relaksacyjny (opóźnienie włączania)

Problem

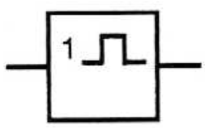
W nowszych konstrukcjach samochodów uruchomienie dźwigni wycieraczek powoduje najpierw spryskanie szyb płynem. Dopiero po chwili zaczynają pracować wycieraczki. Zapobiega się w ten sposób tarciu wycieraków o suchą szybę.

Rozwiązanie

Taki tryb włączania można osiągnąć za pomocą monostabilnego układu relaksacyjnego, który jest tu użyty w celu opóźnienia chwili włączania (rys. 5.73). Po uruchomieniu przycisku żarówka zaświeci się z opóźnieniem.



Symbol graficzny



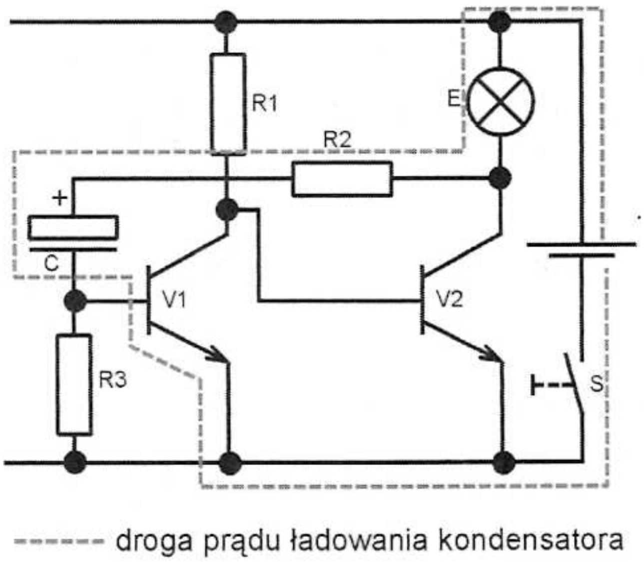
Rys. 5.73
Schemat monostabilnego układu relaksacyjnego (opóźnienie chwili włączenia)

Działanie układu połączeń

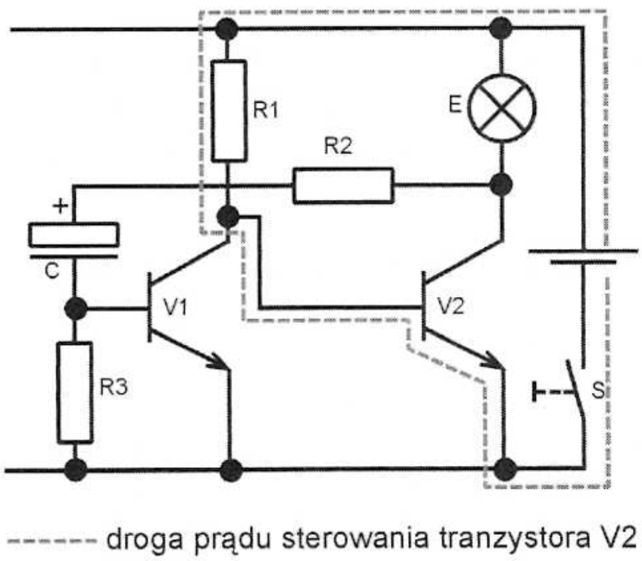
- ❑ Ładowanie kondensatora (rys. 5.74)
  - po zamknięciu obwodu (zestyk S zwarty) w lewym tranzystorze V1 popłynie prąd do bazy poprzez żarówkę E, rezystor R2 i kondensator C,

- tranzystor V1 przewodzi prąd,
- tranzystor V2 nie przewodzi prądu,
- kondensator zostaje naładowany.

❑ Kondensator jest naładowany (rys. 5.75)
- w stanie naładowanym na złączu bazy kondensatora jest minus, lewy tranzystor V1 nie przewodzi prądu,
- baza prawego tranzystora V2 poprzez rezystor R1 jest zasilania napięciem, więc tranzystor V2 przewodzi prąd,
- żarówka E zaczyna świecić.



Rys. 5.74
Przebieg ładowania kondensatora



Rys. 5.75
Kondensator naładowany

Dalsze zastosowania

Alarmy samochodowe są aktywowane przez kierowcę po opuszczaniu przez niego pojazdu. Aby alarm nie zaczął działać natychmiast po otwarciu drzwi samochodu przez kierowcę, musi upłynąć pewien czas do chwili uruchomienia się alarmu. Czas ten jest potrzebny kierowcy, aby zdążył rozbroić urządzenie alarmowe ukrytym wyłącznikiem.

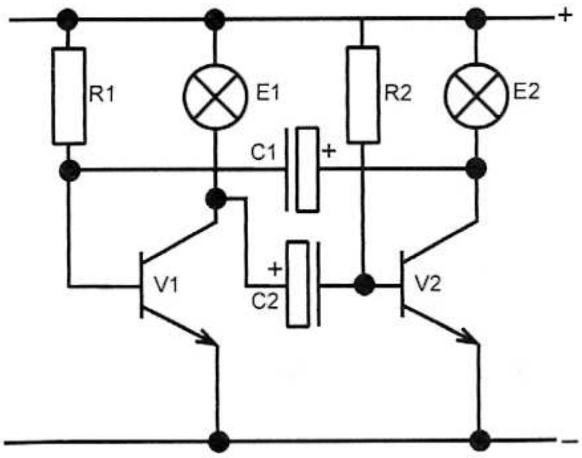
5.4.13. Niestabilny układ relaksacyjny

Problem

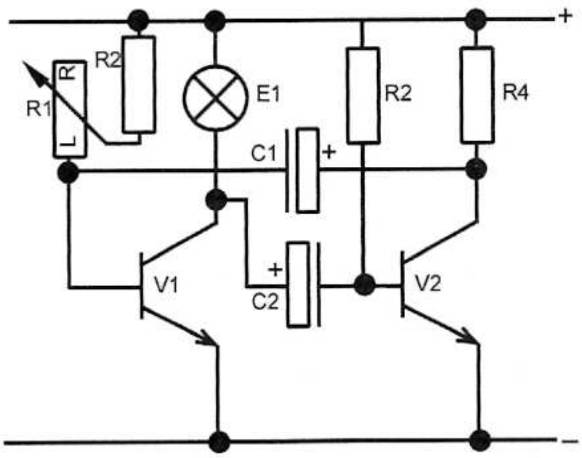
Wszystkie nowe samochody są wyposażone w elektroniczne przerywacze kierunkowskazów, zapewniające stałą częstotliwość migania niezależnie od chwilowego napięcia w instalacji pokładowej. Niemieckie przepisy drogowe ustalają częstotliwość migania kierunkowskazów i świateł awaryjnych na 1,5 ± 0,5 Hz.

Rozwiązanie

Takie zachowanie układu połączeń można osiągnąć za pomocą niestabilnego układu relaksacyjnego (rys. 5.76).



Rys. 5.76
Niestabilny układ relaksacyjny o stałej częstotliwości



Rys. 5.77
Niestabilny układ relaksacyjny jako nadajnik migania o regulowanej częstotliwości

Zachowanie się układu

Światła na przemian zapalają się i gasną.

Niestabilny układ relaksacyjny z regulowaną częstotliwością (rys. 5.77)

Rezystancja rezystorów R1 + R2 wpływa na częstotliwość migania. Przez częstotliwość f rozumiemy liczbę okresów (N) na sekundę, czyli

$$f = \frac{N}{T}$$

albo inaczej:

$$f = \frac{1}{T}$$

gdzie T jest okresem (czasem trwania jednego okresu).

Okres, czy też czas trwania okresu, obejmuje fazę świecenia i fazę ciemności jednego impulsu migania (rys. 5.78).

Wielkość fizyczna: częstotliwość.

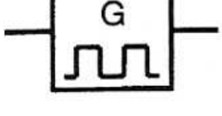
Oznaczenie: f.

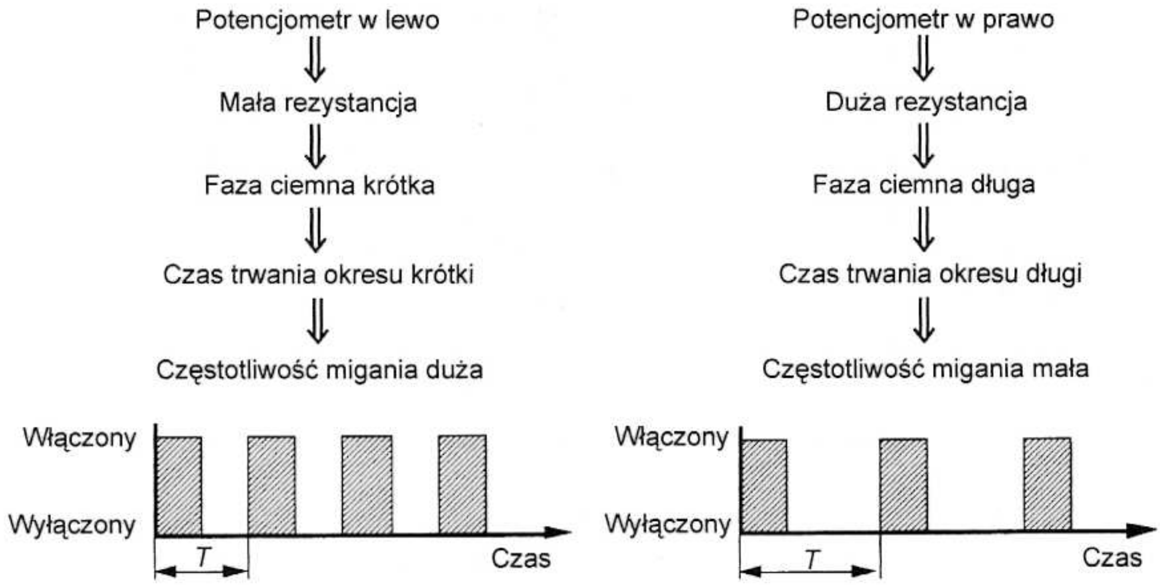
Jednostka: herc.

Oznaczenie jednostki: Hz.

Niestabilny układ relaksacyjny nie ma stałego położenia spoczynkowego. Po uruchomieniu samoczynnie zmienia się pomiędzy dwoma stanami połączeń: wyłączony i włączony.

Symbol graficzny





Rys. 5.78
Zmiana częstotliwości migania niestabilnego układu relaksacyjnego

5.4.14. Współczynnik trwania impulsu

Problem

Odbiornik (np. żarówka) nie powinien pracować z pełną mocą.

Rozwiązanie

a – przed żarówką zostaje szeregowo podłączony rezystor (rys. 5.79a).

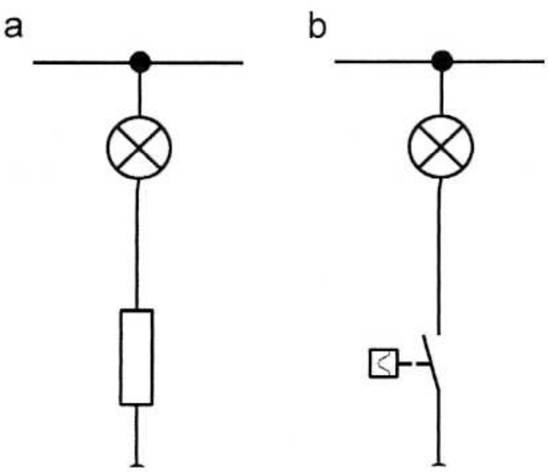
Wada: spadek napięcia na rezystorze. Tracona przez to moc musi zostać odprowadzona na zewnątrz w postaci ciepła.

Zastosowanie: Stopniowe włączanie dmuchawy układu przewietrzania w samochodach mercedes i opel.

b – za pomocą elektronicznego zestyku (rys. 5.79b) żarówka jest włączana i wyłączana tak szybko, że oko ludzkie nie jest w stanie tego zarejestrować.

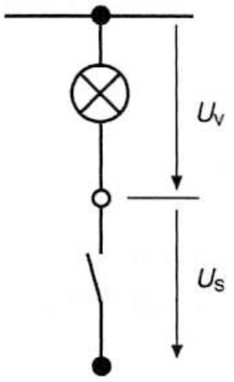
Zaleta: nie dochodzi do strat mocy.

Zastosowanie: regulator prędkości obrotowej biegu jałowego, zawór przewietrzania zbiornika paliwa itd.



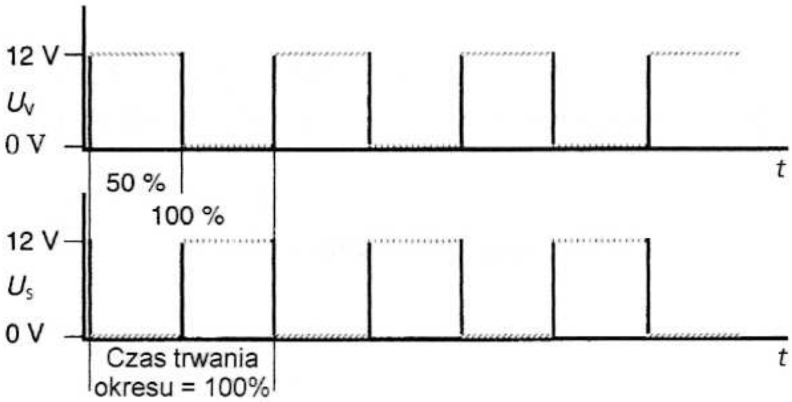
Rys. 5.79
Możliwość sterowania odbiornika

Stosunek czasu włączenia napięcia odbiornika U_V do czasu trwania okresu T jest nazywany współczynnikiem trwania impulsu (rysunki 5.80 i 5.81).



Zestyk otwarty	Zestyk zamknięty
U_V = 0 V	U_V = 12 V
U_S = 12 V	U_S = 0 V

Rys. 5.80
Współczynnik trwania impulsu



Rys. 5.81
Zależność napięcia zestyku od napięcia odbiornika

Przykład regulacji jasności światła przez zmianę współczynnika trwania impulsu zawierają rysunki 5.82a oraz 5.82b.



Rys. 5.82a
Przykład sterowania jasnością przez zmianę współczynnika trwania impulsu



Rys. 5.82b
Przykład sterowania jasnością przez zmianę współczynnika trwania impulsu

Włączanie i wyłączanie następuje tak szybko, że zmiany nie są rejestrowane przez ludzkie oko. W samochodowych układach połączeń występuje zazwyczaj częstotliwość 100 Hz. Odpowiada to czasowi trwania jednego okresu = 0,1 s.

5.4.15. Przerzutnik Schmitta

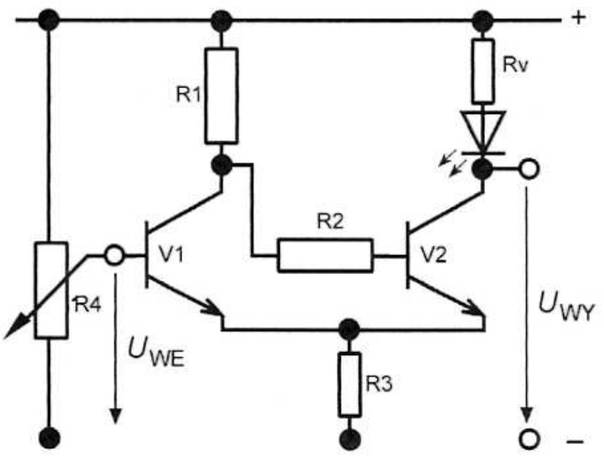
Problem

Czujnik indukcyjny w zapłonie tranzystorowym wysyła impuls sterujący chwilą zapłonu (Z) w postaci napięcia przemiennego. Do sterowania cewką zapłonową jest jednak konieczny impuls o prostokątnej charakterystyce.

Rozwiązanie

Zastosowanie przerzutnika Schmitta w celu uformowania impulsu (rys. 5.83). Na wykresie pokazano przebieg napięcia wyjściowego U_{WY} w zależności od napięcia wejściowego U_{WE} (rys. 5.84).

$U_{WE} = 0$ V $U_{WY} = 1{,}5$ V ⟶ dioda LED świeci



Rys. 5.83
Przerzutnik Schmitta

Napięcie wejściowe U_{WE} wzrasta powoli do chwili, kiedy napięcie wyjściowe zmieni się skokowo.

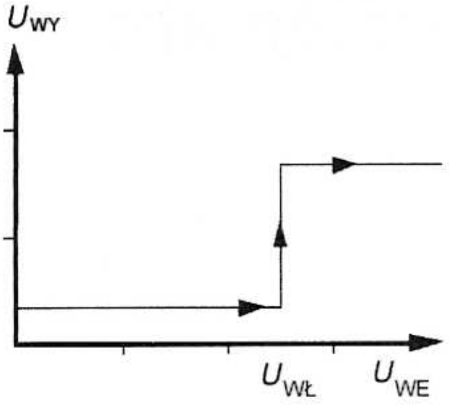
$U_{WE} = 2{,}5$ V $U_{WY} = 8{,}6$ V ⟶ dioda LED gaśnie

Dalszy wzrost napięcia nie zmienia już nic w układzie połączeń.

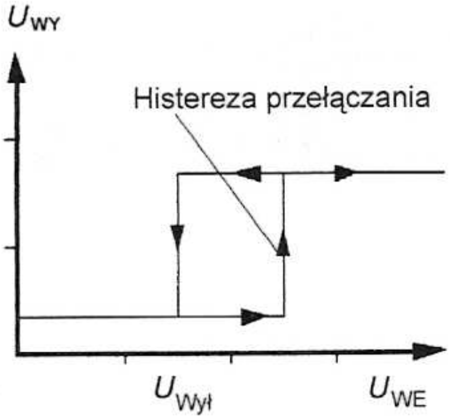
Napięcie wejściowe, przy którym przerzutnik Schmitta przełącza z niskiego na wysokie napięcie wyjściowe, nazywane jest **napięciem włączania** $U_{WŁ}$.

Napięcie wejściowe U_{WE} obniża się powoli do chwili, gdy napięcie wyjściowe znowu skokowo się zmieni.

$U_{WE} = 1{,}5$ V $U_{WY} = 1{,}5$ V ⟶ dioda LED świeci



Rys. 5.84
Przebieg włączania przerzutnika



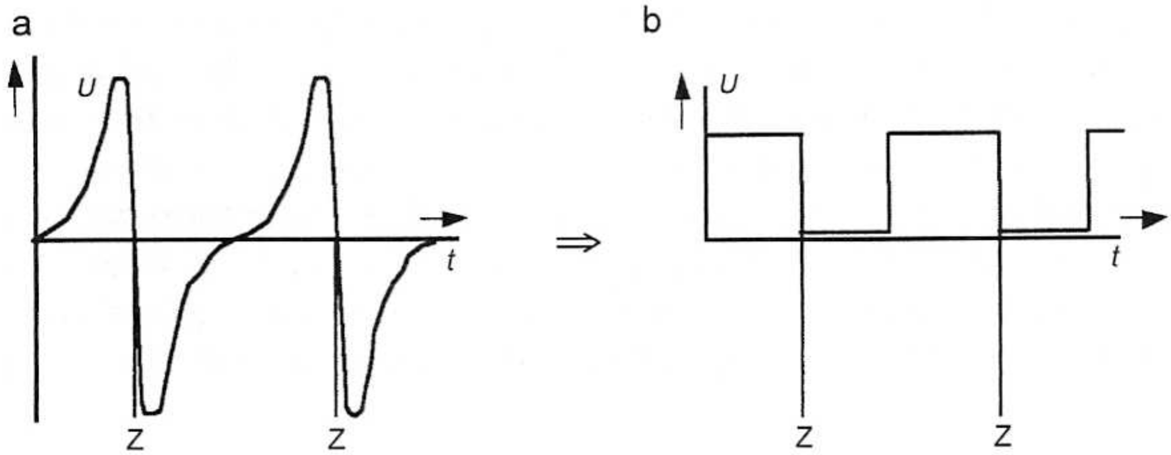
Rys. 5.85
Przebieg wyłączania przerzutnika

Napięcie wejściowe. przy którym przerzutnik Schmitta przełącza z wysokiego na niskie napięcie wyjściowe, nazywane jest **napięciem wyłączania** $U_{Wył}$ (rys. 5.85).

Napięcie wyłączania nie jest takie samo, jak napięcie włączania. Różnica między oboma wartościami napięć nazywa się ***histerezą*** przełączania.

Przykłady zastosowań

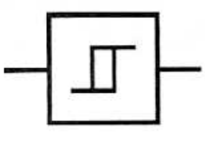
Formowanie impulsów czujnika indukcyjnego (rys. 5.86).



Rys. 5.86
a) przebieg impulsu sterującego czujnika indukcyjnego, b) impuls sterowania cewką zapłonową

Przerzutnik Schmitta (określany tak od nazwiska wynalazcy) jest układem relaksacyjnym, który po przekroczeniu określonej wartości progowej skokowo przełącza układ. Przerzutnik Schmitta przetwarza impulsy sterujące o dowolnej charakterystyce w sygnały o charakterystyce prostokątnej.

Symbol graficzny



6. Analiza systemowa i schematy przepływu sygnałów

Z powodu wzajemnych powiązań różnych układów w nowoczesnych samochodach może w jakimś miejscu wystąpić błąd, którego istnienia nawet nie podejrzewamy. I tak np. układ przeciwpoślizgowy może obniżyć rozwijaną aktualnie moc silnika przez ingerencję w zapłon, przygotowanie mieszanki albo za pomocą elektronicznego pedału przyspieszenia (gazu). Dzięki rozwojowi mikroelektroniki zastosowania elektrotechniki i elektroniki w technice motoryzacyjnej są coraz szybsze i głębsze. Porównania z tradycyjnymi systemami mechanicznymi pokazały, że zastosowanie zamkniętych układów regulacji z elektrycznymi, elektropneumatycznymi albo elektrohydraulicznymi nastawnikami pozwala na wprowadzenie ulepszonych i całkiem nowych funkcji regulacyjnych.

Sprzęgniecie różnych układów elektronicznych doprowadziło już do tak dużych ilości przewodów i ogromnej liczby połączeń wtykowych w samochodzie, że są one źródłem licznych nowych zakłóceń. Wiodący producenci samochodów rozwinęli w związku z tym nowe sposoby wymiany danych między poszczególnymi elementami. Jednocześnie przed mechanikami samochodowymi są stawiane coraz większe wymagania, które są coraz bardziej abstrakcyjne, a więc trudniejsze do zrozumienia. Samochód stanowiący dotychczas sumę pojedynczych elementów, głównie mechanicznych, musi zacząć być postrzegany jako **system** współpracujących ze sobą podzespołów.

6.1. Analiza efektów działania

Wzajemne powiązanie ze sobą układów stanowi utrudnienie dla warsztatu samochodowego.

Mechanik nie może sobie tego wyobrazić na jednym, konkretnym schemacie. Konieczne jest zintegrowanie pojedynczych funkcji w bloki. Funkcja jest przy tym przedstawiana symbolicznie. Współdziałanie elementów układu jest także przedstawiane symbolicznie poprzez powiązanie ze sobą pojedynczych bloków według kryterium efektów ich działania. Dzięki takiemu postępowaniu możliwe jest analizowanie i przejrzyste odwzorowanie także rozległych systemów.

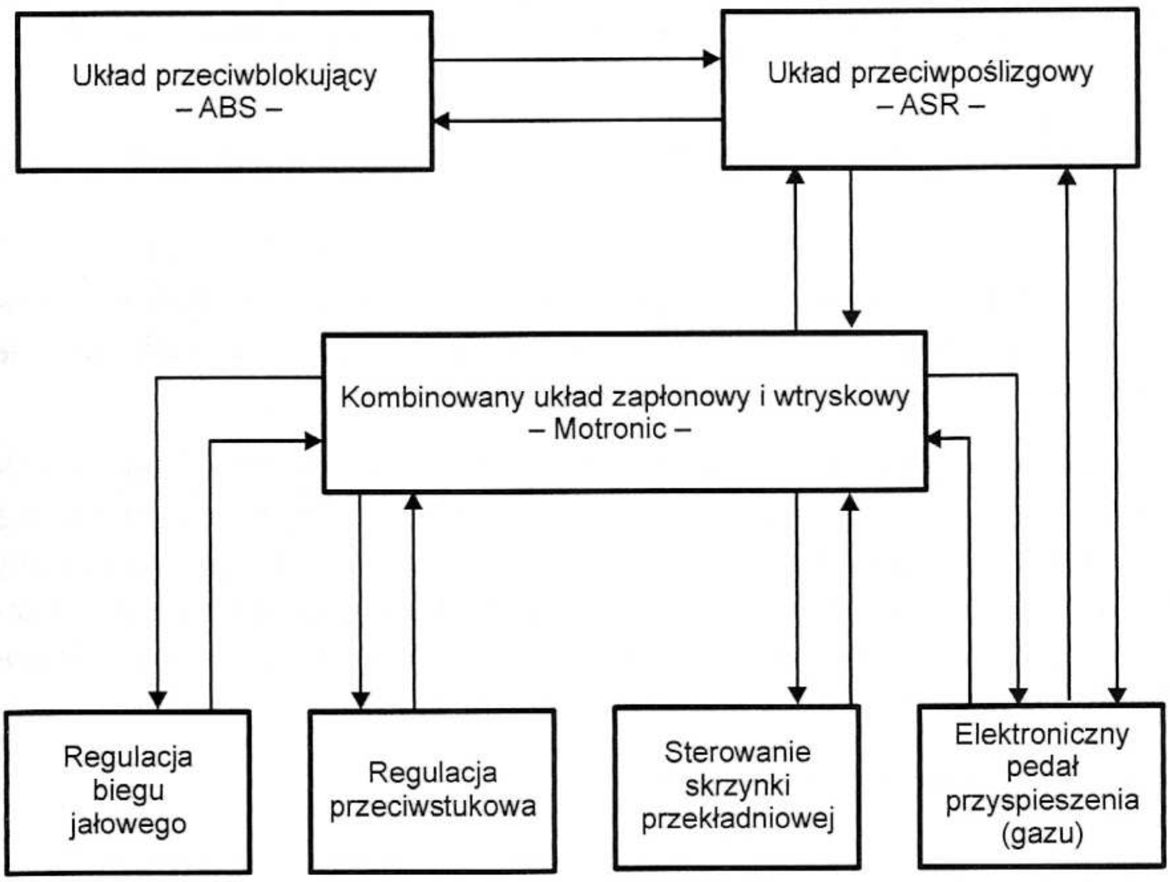
W analizie efektów działania zamiast szczegółowych schematów obwodów stosuje się symbole funkcji albo opisy powiązane w bloki, które lepiej uwidaczniają przepływ sygnałów.

Pomiędzy poszczególnymi blokami występuje przepływ sygnałów wejściowych i wyjściowych. W samym bloku następuje przetwarzanie tych sygnałów. Dzięki temu, w najprostszym przypadku, analizę funkcjonalną można sprowadzić do trzech bloków funkcjonalnych (rys. 6.1). W praktyce wszelkiego rodzaju czujniki dostarczają sygnałów wejściowych. Ich przetworzenie następuje w urządzeniu sterującym. Sygnały wyjściowe są kierowane do elementów wykonawczych, czyli nastawników.



Rys. 6.1
Zasada przetwarzania sygnałów

6.2. Samochód jako system

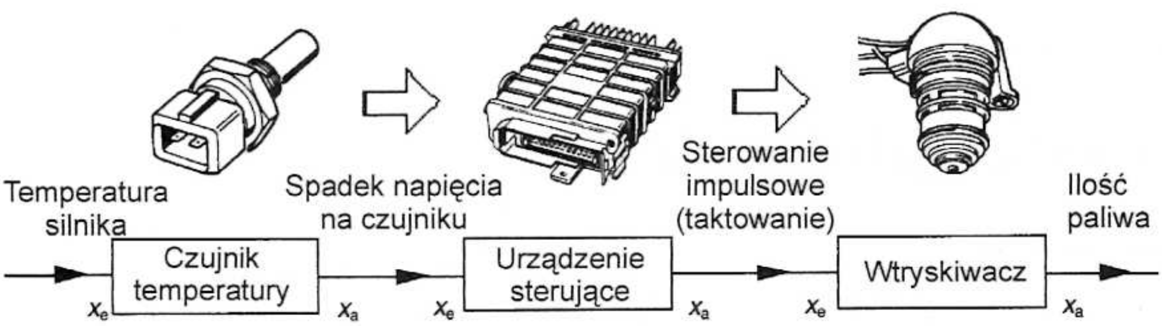


Rys. 6.2
Możliwe drogi przepływu informacji we współczesnym samochodzie

Przykład rysunku 6.2 pokazuje, że podczas prac kontrolnych i pomiarowych jest konieczny dostęp do przewodów przenoszących sygnały, do interfejsów (łączy) pomiędzy blokami, a także wiedza o elementach nadających i odbierających sygnały. Dokładna znajomość budowy urządzeń przetwarzających (urządzeń sterujących) nie jest konieczna. Poszukiwanie usterki odbywa się za pomocą czynności logicznych. Jeżeli wszystkie informacje wejściowe (sygnały czujników) są prawidłowe, ale sterowanie nastawnikami nie jest prawidłowe, to znaczy, że wystąpił błąd przetwarzania. We współczesnych systemach poszukiwanie usterki jest wspierane przez samodiagnozowanie urządzeń sterujących, które rozpoznają ewentualne błędy systemu i informują o nich mechanika.

6.3. Schemat przepływu sygnałów

Przedstawiając jakieś urządzenie techniczne, np. układ przygotowania mieszanki, często posługujemy się formami graficznymi w celu odwzorowania poszczególnych elementów. Przy opisie sposobu ich działania i sprawdzania jest definiowane tylko przyporządkowanie odpowiednich sygnałów (rys. 6.3).



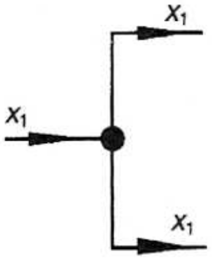
Rys. 6.3
Ilustracja przepływu sygnałów. W przygotowaniu mieszanki ma być uwzględniony tylko wpływ temperatury silnika na ilość wtryskiwanego paliwa

Schemat przepływu sygnałów jest graficznym odwzorowaniem wzajemnych powiązań sygnałów danego układu pod kątem efektów ich działania. Zależności te są przedstawiane w postaci schematów blokowych.

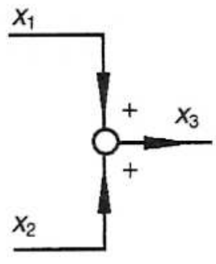
Sygnałem nazywamy przedstawienie informacji w postaci wartości odpowiedniej wielkości fizycznej, np. jako napięcie, ciśnienie, siłę tp. Sygnały są pokazane jako linie zakończone grotem strzały. Każdemu elementowi przyporządkowany jest przynajmniej jeden **sygnał wejściowy** x_e i jeden **sygnał wyjściowy** x_a. Linie działania sygnałów wejściowych i wyjściowych są wyprowadzane na schematach blokowych przeważnie od krótszych boków prostokątów.

Podstawowe formy schematów blokowych

Przykład 1 (rys. 6.4)
Sygnał prędkości obrotowej x_1 oddziałuje na dwa różne układy:
1 – układ wtryskowy,
2 – obrotomierz.



Rys. 6.4



Rys. 6.5

W **miejscu rozdzielenia** linia oddziaływania sygnału przechodzi w więcej linii, które przenoszą dalej ten sam sygnał.

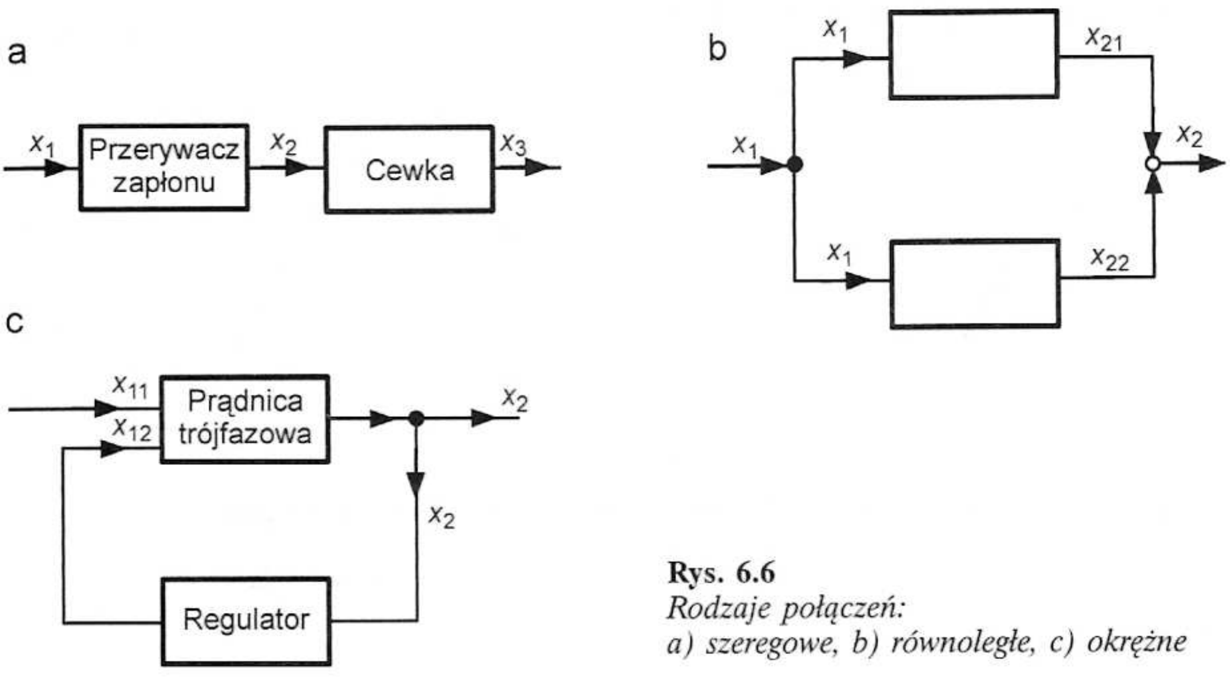
Przykład 2 (rys. 6.5)

Chwila zapłonu x_3 jest określona dwoma niezależnymi sygnałami:
x_1 – z regulatora odśrodkowego,
x_2 – z regulatora podciśnieniowego.

W miejscu **połączenia**, w którym zamiast prostokąta rysowany jest okrąg, sygnały wejściowe są sumowane albo odejmowane (suma logiczna).

Połączenia szeregowe (rys. 6.6a) i **połączenia równoległe** (rys. 6.6b) są połączeniami otwartymi. Sygnały płyną tylko w jednym kierunku. Sygnał wyjściowy nie może oddziaływać zwrotnie na sygnał wejściowy.

Połączenia okrężne (rys. 6.6c) są połączeniami zamkniętymi. Sygnał wyjściowy jest odprowadzany z powrotem na wejście.



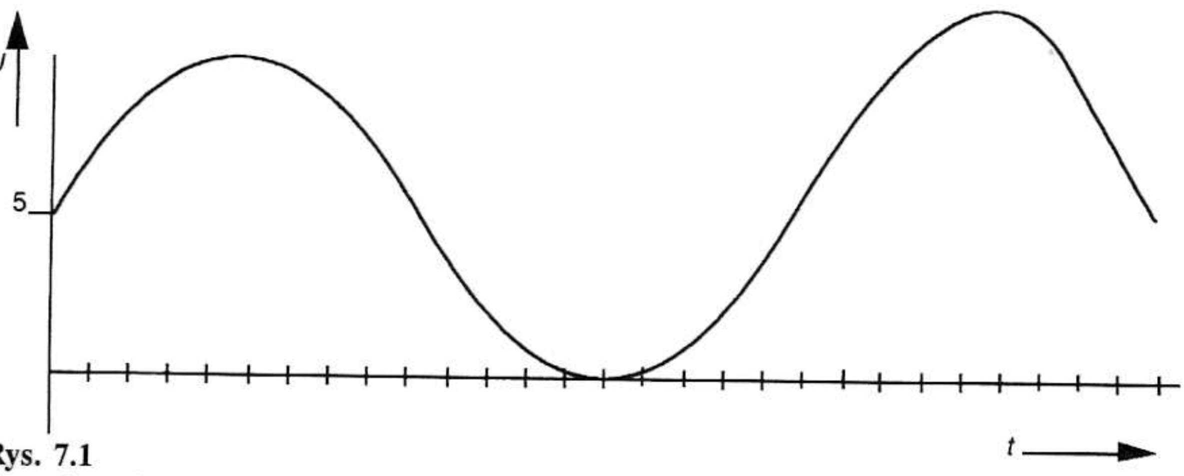
Rys. 6.6
Rodzaje połączeń:
a) szeregowe, b) równoległe, c) okrężne

7. Podstawy techniki cyfrowej

7.1. Sygnały analogowe i cyfrowe

W obwodzie **analogowym** wielkość wyjściowa może przyjmować, odpowiednio do wartości wejściowej, dowolne wartości pomiędzy zerem i wartością maksymalną dla danego połączenia. Wartość wejściowa powoduje odpowiednią wartość wyjściową. Wartość wyjściowa może się na przemian zmniejszać albo zwiększać analogicznie do wartości wejściowej (rys. 7.1).

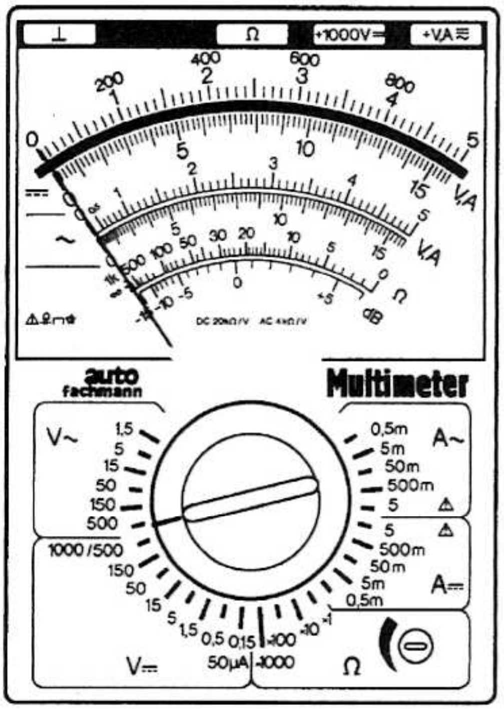
Analogowo znaczy: ciągle, bezstopniowo.



Rys. 7.1
Sygnał analogowy

Przykład: miernik analogowy (rys. 7.2)
W uniwersalnym mierniku analogowym wartość mierzona określana jest położeniem wskazówki. Wskazania następują bezstopniowo.

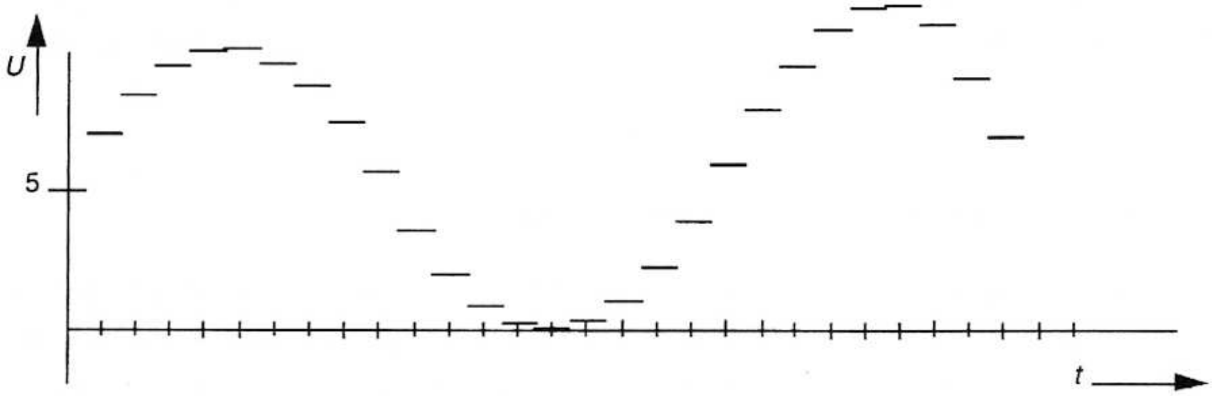
W obwodach **cyfrowych** informacja może mieć tylko dwie wartości, a mianowicie: włączony, wyłączony; jest prąd albo go nie ma; 0 albo 1; wysoki (H, high) albo niski (L, low) potencjał; kreska albo jej brak; zagłębienie albo brak zagłębienia; przepuszczanie światła albo jego nieprzepuszczanie. Nie istnieją wartości pośrednie! Wskazania lub stany zmieniają się skokowo.



Rys. 7.2
Uniwersalny miernik analogowy

Ponieważ układy cyfrowe znają tylko dwa stany połączeń, więc wszystkie informacje (np. wartości napięcia elektrycznego), mogą być przekazywane tylko jako postępujące po sobie stany połączeń (zmiany napięcia), czyli impulsy, które można przedstawić na wykresie (rys. 7.3).

Cyfrowo znaczy: za pomocą cyfr, stopniowo, skokowo.

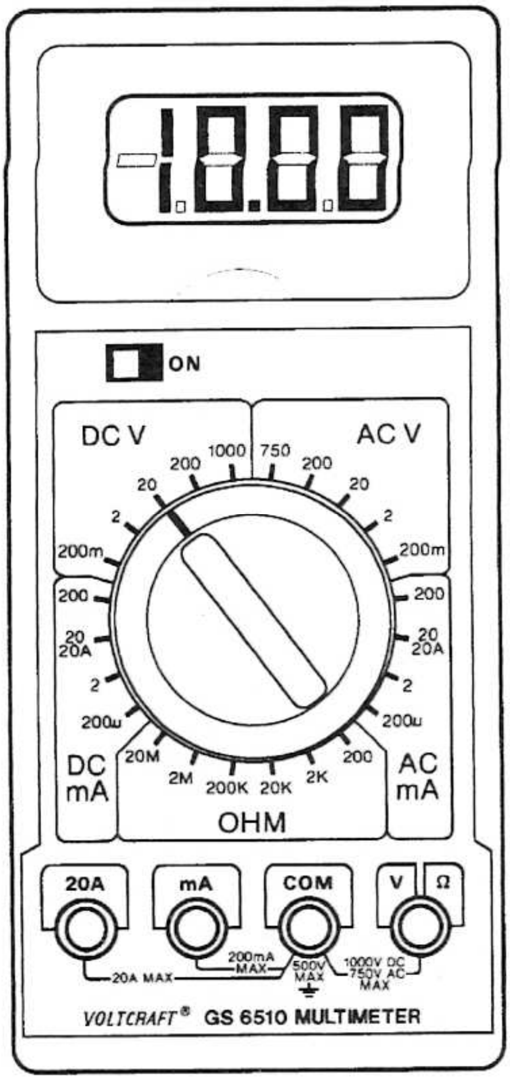


Rys. 7.3
Sygnał cyfrowy

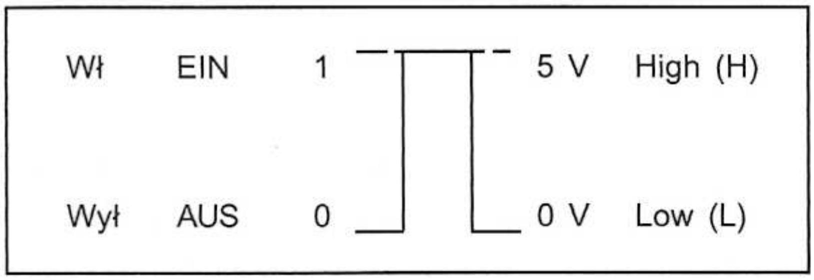
Przykład: miernik cyfrowy (rys. 7.4)
W uniwersalnym mierniku cyfrowym wynik pomiaru jest pokazywany natychmiast w postaci liczby.
Wskazania następują zawsze stopniowo, gdyż każda z liczb może się zmienić tylko o jedno miejsce.

Jeżeli jest konieczne – inaczej niż w mierniku cyfrowym – przedstawienie wyniku tylko za pomocą cyfr 0 i 1, wówczas jest potrzebny odpowiedni element, który może rejestrować tylko dwa stany połączeń (rys. 7.5).

W najprostszym przypadku jest to zestyk o dwóch położeniach.



Rys. 7.4
Cyfrowy miernik uniwersalny

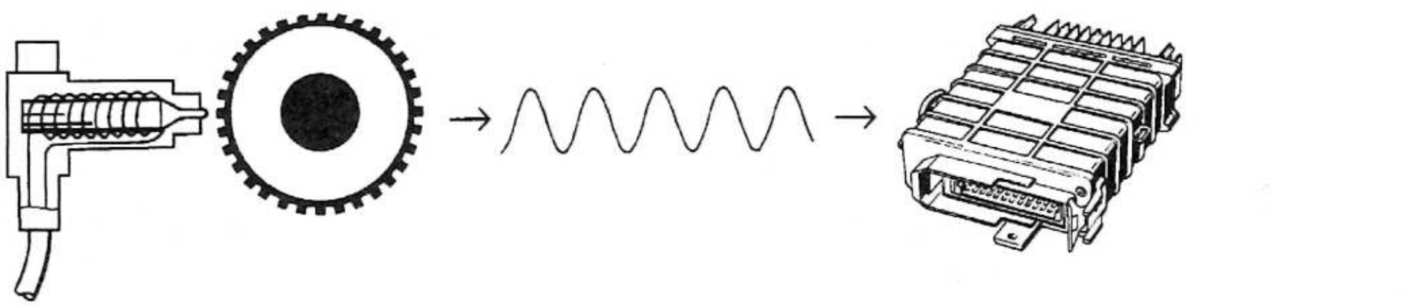


Rys. 7.5
Przedstawienie pozycji połączeń zestyku z użyciem innych oznaczeń

Powstaje impuls elektryczny, składający się tylko z dwóch stanów. Informacja określona tylko jednym z dwóch stanów: włączony (EIN, High) lub wyłączony (AUS, Low) jest nazywana bitem (od **Bi**nary Digi**t**).

7.2. Zasada przekazu analogowego

Czujnik prędkości obrotowej układu ABS wytwarza sinusoidalne napięcie przemienne, którego częstotliwość zależy od liczby obrotów koła. Ten sygnał przemiennego napięcia (rys. 7.6) jest przekazywany za pośrednictwem przewodu. W urządzeniu sterującym sygnał analogowy jest przekształcany w sygnał cyfrowy, ponieważ mikroprocesor urządzenia sterującego może przetwarzać tylko informacje cyfrowe.

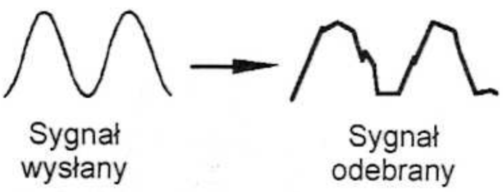


Rys. 7.6
Analogowa transmisja sygnału czujnika prędkości obrotowej koła do urządzenia sterującego ABS

7.2.1. Problemy przekazu analogowego

Nawet przy niewielkich odległościach mogą powstawać zakłócenia, które silnie wpływają na prawidłowe przekazywanie sygnałów. I tak np. dwa, biegnące blisko siebie w samochodzie i nawzajem na siebie oddziałujące, przewody elektryczne mogą zniekształcić sygnał.

Podczas przekazywania sygnałów analogowych do urządzeń sterujących, sygnał może być tak zafałszowany, że nie będzie już zrozumiały. Pomimo skomplikowanych systemów filtracyjnych i stosowania tzw. ekranowanych przewodów odtworzenie wysłanego sygnału jest możliwe tylko w pewnych granicach. Powstają błędy (rys. 7.7).



Rys. 7.7
Straty przekazu w transmisji analogowej

Rozwiązaniem jest **przekaz cyfrowy**.

Urządzenie sterujące układu ABS przetwarza informację czujnika prędkości obrotowej w szereg impulsów. Odróżnia się przy tym tylko stany „napięcie małe" i „napięcie duże". Nawet, jeżeli podczas przekazu w samochodzie wysłany szereg sygnałów zostanie zafałszowany, to przy przekazie cyfrowym można mieć dużą pewność, że sygnał zostanie odzyskany. Mówi się wówczas, że został on „zregenerowany" (rys. 7.8).

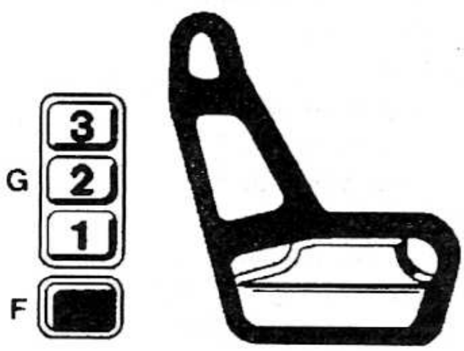


Rys. 7.8
Regeneracja zniekształconego szeregu sygnałów cyfrowych

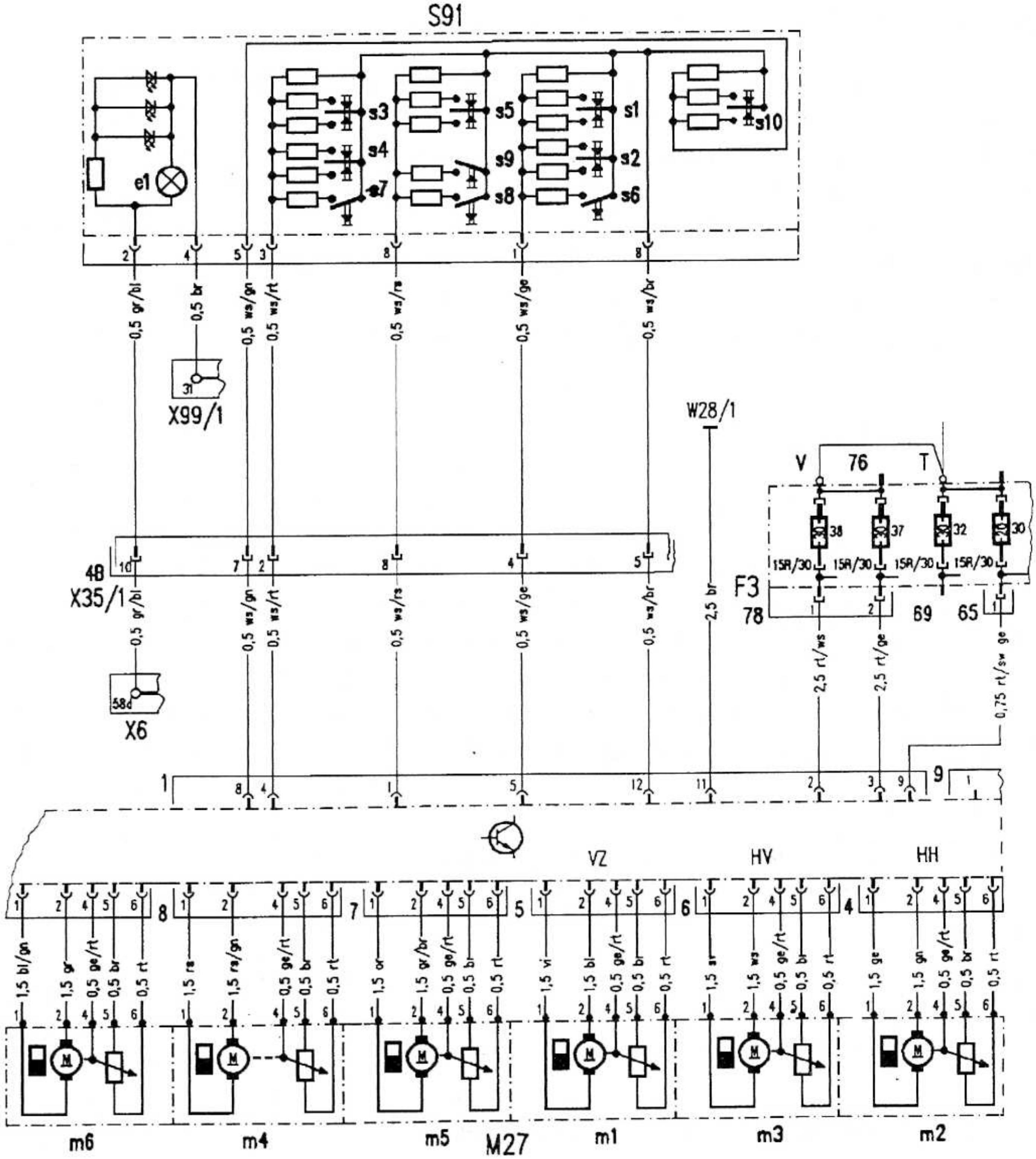
7.2.2. Przykłady przekazu analogowego

Elektryczne ustawianie siedzenia z pamięcią i kodowaniem napięcia (Mercedes – typ W 140)

Fotel jest przestawiany za pomocą przycisków w drzwiach kierowcy (rys. 7.9). Naciskając na symbol graficzny fotela uruchamiamy poszczególne nastawcze silni-



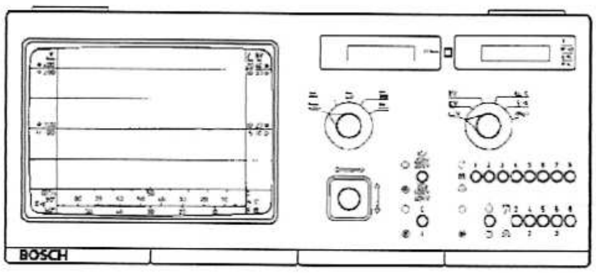
Rys. 7.9
Przyciski regulacji położenia siedzenia
G – przycisk do wywoływania zapisanych w pamięci ustawień, F – przycisk pamięci do zapisywania położenia siedzenia



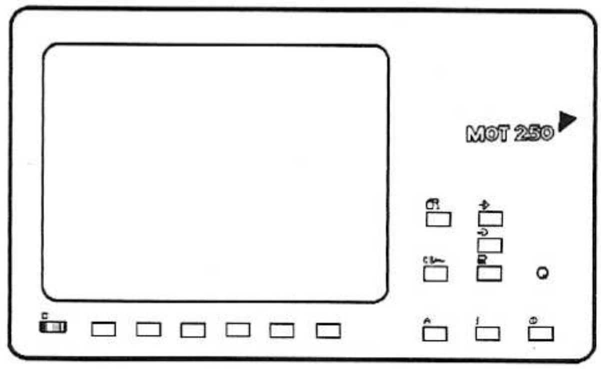
Rys. 7.10

Fragment schematu ideowego elektrycznego ustawiania pozycji siedzenia (Mercedes typ W 140)

F3 – skrzynka bezpieczników
M27 – zespół silników nastawczych:
m1 – przesuwanie do przodu i do tyłu
m2 – wysokość tylnej części siedzenia
m3 – wysokość przedniej części siedzenia
m4 – zagłówek w górę i w dół
m5 – pochylenie oparcia
m6 – wypukłość poduszki siedzenia
S91 – przyciski do regulacji siedzenia:
e1 – oświetlenie pomocnicze
s1 – przesuwanie do przodu i do tyłu
s2 – wysokość tylnej części siedzenia
s3 – wysokość przedniej części siedzenia
s4 – zagłówek w górę i w dół
s5 – pochylenie oparcia
s6 – przycisk do programowania 1
s7 – przycisk do programowania 2
s8 – przycisk do programowania 3
s9 – zapamiętywanie
s10 – wypukłość poduszki siedzenia
X6 – połączenie przewodów, zacisk 58d
X35/1 – miejsce podziału w drzwiach



Rys. 10.1
Analogowy tester silnika

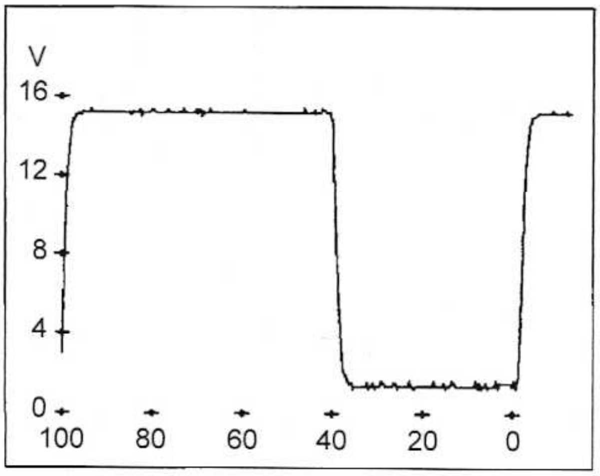


Rys. 10.2
Cyfrowy tester silnika

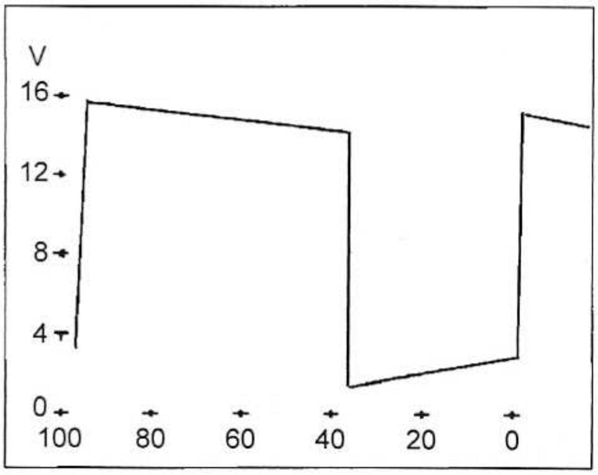
Oscyloskop cyfrowy (rys. 10.2) odczytuje co pewien czas sygnał pomiarowy, a następnie odwzorowuje go na monitorze. Ta, na pierwszy rzut oka, niekorzystna właściwość jest rekompensowana tym, że odwzorowane statycznie i odczytane obrazy można zapisać w pamięci, a nawet wydrukować. Dzięki temu można ustalić błędy, które w oscyloskopie analogowym nie zostaną zauważone, gdyż występują tylko okresowo albo zbyt krótko.

10.2. Sprzężenia DC/AC

Możliwe jest inne przedstawianie sygnałów pomiarowych, jeżeli zamiast sprzężonego z napięciem stałym wejścia pomiarowego DC dokonamy pomiaru przez wejście pomiarowe AC, sprzężone z prądem przemiennym (rysunki 10.3 i 10.4). Przy



Rys. 10.3
Sygnał prostokątny na oscyloskopie ze sprzężeniem DC



Rys. 10.4
Sprzężenie AC

sprzężeniu przemiennoprądowym AC zostaje odfiltrowana część napięcia stałego, aby zobaczyć na ekranie monitora tylko (interesującą nas) część prądu przemiennego, np. górne fale napięcia ładowania. Takie sprzężenie prowadzi jednak do tego, że obraz sygnałów wyłącznie stałoprądowych jest zniekształcony.

ki elektryczne. Aby uniknąć prowadzenia wewnątrz drzwi przewodów do każdego z silników, informacje są przekazywane w postaci kodów napięcia. Kodowanie napięcia umożliwia przesyłanie jednym tylko przewodem informacji o różnych wartościach napięcia, odpowiadających różnym układom połączeń zestyku. Każdej funkcji przestawiania fotela przyporządkowany jest odpowiedni rezystor, który po użyciu przycisku jest włączany szeregowo z zestykami. Na podstawie wartości powstałego napięcia urządzenie sterujące rozpoznaje jakie jest żądane położenie fotela i steruje odpowiednio silnikami nastawczymi.

Zaleta kodowania napięcia, jako przekazu analogowego: niewielki nakład po stronie nadajnika, bo można użyć prostych, mechanicznych zestyków.

Wada: dla pewności przekazu musi być przesłany jednoznaczny kod napięcia. W celu zminimalizowania zakłóceń jest niezbędny dostateczny odstęp między kolejnymi wartościami napięcia. Z tego powodu jest ograniczona ilość informacji o kombinacji połączeń zestyku, wysyłanej tylko jednym przewodem.

W przytoczonym przykładzie jednym przewodem jest wysyłanych maksimum 5 kodowanych informacji o układzie połączeń zestyku.

Dla 16 różnych pozycji zestyku są niezbędne cztery przewody sygnałowe i jeden przewód zasilający (rys. 7.10).

7.3. Logika podstawowych połączeń cyfrowych

Uproszczony rysunek obwodu oświetlenia wewnętrznego w samochodzie (rys. 7.11) wprowadzi nas w logikę połączeń cyfrowych. Uproszczenie polega na tym, że żarówka wewnętrzna jest włączana tylko dwoma zestykami w drzwiach. Nie ma wyłącznika w środku kabiny.

Oświetlenie wewnętrzne w samochodzie powinno się włączać po otwarciu jednych z obu przednich drzwi.

Zachowanie się takiego obwodu elektrycznego można opisać na kilka sposobów:

a – twierdzenie logiczne

Twierdzenia logiczne mają zawsze tę samą konstrukcję: jeżeli zachodzi *a* i/lub *b*, to wtedy następuje (lub nie następuje) *c*.

W naszym przypadku: jeżeli S1 lub S2 (albo oba) są użyte, wtedy się zaświeci E.

Taką logiczną zależność nazywamy sumą logiczną (**LUB**)

b – obwód logiczny

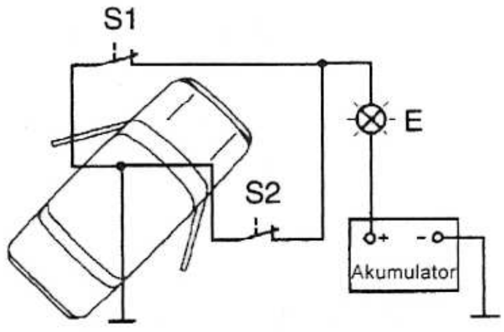
Funkcja LUB jest realizowana (rys. 7.12) przez połączenie szeregowe.

c – równanie logiczne

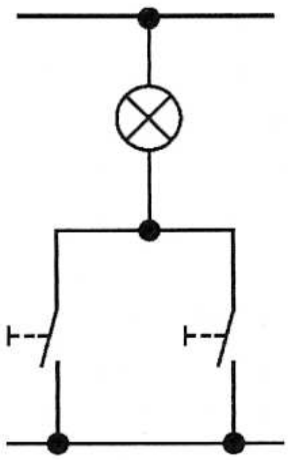
Wadą wszystkich dotychczasowych sposobów opisywania zachowania się połączenia jest mniej lub bardziej obszerne przedstawienie problemu. Dzięki sformalizowanemu podejściu do zagadnienia otrzymujemy matematyczny opis problemu:

$$E = S1 \vee S2$$

Znak $\vee$ oznacza LUB.



Rys. 7.11
Uproszczony obwód oświetlenia wewnętrznego w samochodzie



Rys. 7.12
Realizacja sumy logicznej

d – tabela funkcji, nazywana też tablicą wartości lub tabelą prawdy
W tabeli funkcji są umieszczone stany połączeń w zależności od danych na wejściu (tablica 7.1).
Obowiązuje:

zestyk S1 i S2
zestyk zamknięty — sygnał 1
zestyk otwarty — sygnał 0
żarówka E
żarówka się świeci — sygnał 1
żarówka się nie świeci — sygnał 0

e – algorytm
Algorytm przedstawia w postaci graficznej logiczną kolejność poszczególnych kroków przetwarzania danych (rys. 7.13). Użyte symbole graficzne są znormalizowane (tablica 7.2).

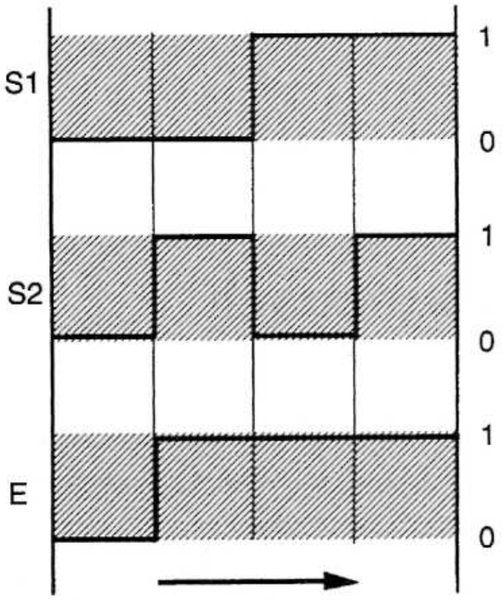


Rys. 7.13
Schemat blokowy przetwarzania danych

f – wykres przebiegów w czasie
Wykres ten szczególnie przejrzyście obrazuje zmiany w funkcji czasu, które powstają wraz ze zmianą stanu połączenia (rys. 7.14). Na wykresie przebiegów

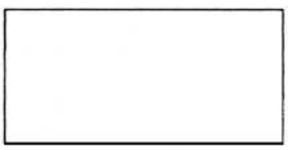
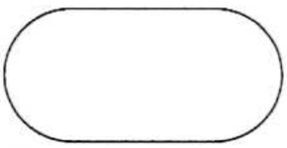
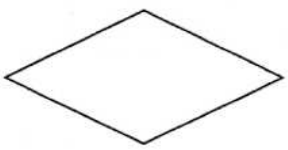
Tablica 7.1.

Stany na wejściu		Stany na wyjściu
Zestyk w drzwiach S1	Zestyk w drzwiach S2	Żarówka E
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



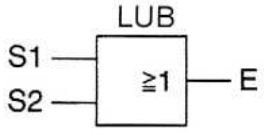
Rys. 7.14
Przebieg wartości zmiennych w czasie

Tablica 7.2

Symbol graficzny	Znaczenie
	Ogólne przetworzenie (także wejście i wyjście)
	Miejsce graniczne (np. koniec programu)
	Rozdzielenie
	Linia łącząca
	Miejsce łączenia
	Uwagi (mogą być też naniesione na każdym innym symbolu graficznym)

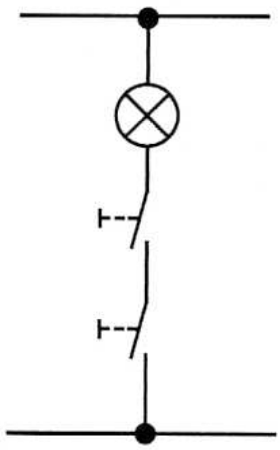
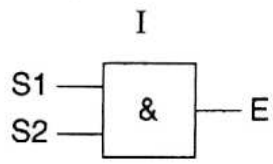
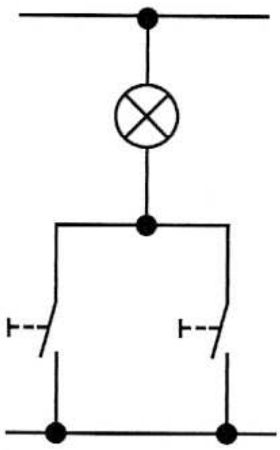
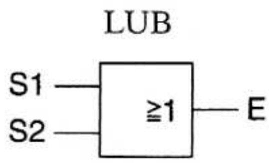
w czasie wartość każdej zmiennej (S1, S2 i E) pokazana jest graficznie w funkcji czasu. Zdarzenia w czasie należy czytać od lewej do prawej. Na krawędzi wykresu umieszczone są liczby 0 i 1, co pozwala im natychmiast przyporządkować dany stan.

g – symbole graficzne
Połączenia logiczne nie dotyczą tylko elektrotechniki i elektroniki, mogą one być z powodzeniem realizowane także w innych dziedzinach techniki, jak choćby pneumatyce i hydraulice. Zasady logiczne są przy tym w pełni aktualne. Dlatego też opracowano symbole graficzne, opisujące poszczególne rodzaje powiązań. Można je stosować niezależnie od sposobu budowy połączenia.



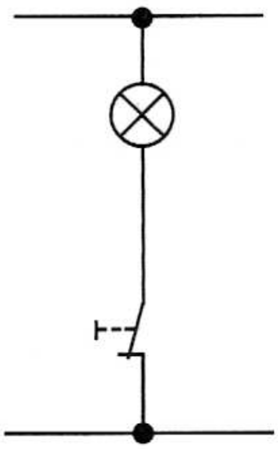
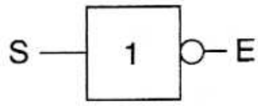
7.4. Przegląd podstawowych funkcji logicznych

Tablica 7.3.

Funkcja	Połączenie	Opis i symbol graficzny	Tabele Funkcji
Funkcja I (iloczyn logiczny) Na wyjściu funkcji I jest wtedy sygnał 1, kiedy wszystkie sygnały wejściowe mają wartość 1.		Żarówka E jest włączona tylko wtedy, kiedy oba połączone szeregowo zestyki S1 i S2 są jednoczenie zamknięte. 	S1 S2 E 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1
Funkcja LUB (suma logiczna) Na wyjściu funkcji LUB jest wtedy sygnał 1, kiedy co najmniej na jednym wejściu sygnał ma wartość 1.		Żarówka E jest tylko wtedy włączona, kiedy przynajmniej jeden z szeregowo połączonych zestyków S1 i S2 albo oba są zamknięte. 	S1 S2 E 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1

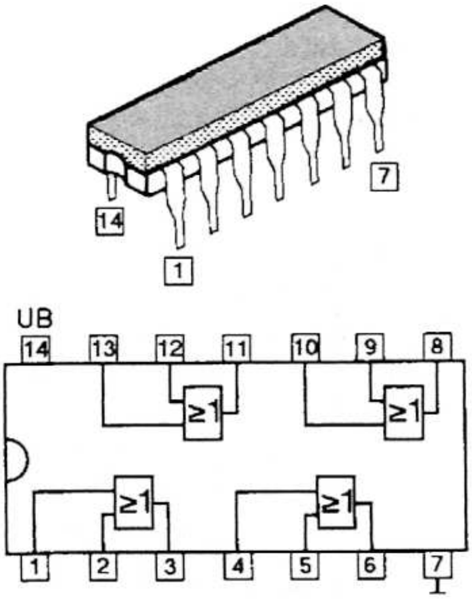
Tablica 7.3 cd.

<table>
<tr>
<td>Funkcja NIE (negacja)

Na wyjściu funkcji NIE jest wtedy sygnał 1, kiedy sygnał na wejściu ma wartość 0.</td>
<td></td>
<td>Funkcja NIE jest porównywalna z zestykiem rozwiernym.
Żarówka E świeci się wtedy, kiedy zestyk S nie jest użyty.
NIE
</td>
<td><table><tr><td>S1</td><td>E</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table></td>
</tr>
</table>

7.5. Element logiczny przetwarzający dane

Zależności cyfrowe są realizowane w praktyce w tzw. elementach logicznych. Umożliwiają one daleko idącą miniaturyzację, wysokie prędkości przełączania i mają niewielki pobór mocy. W standardowym układzie logicznym (rys. 7.15) umieszczono w jednej obudowie 4 elementy LUB.



Rys. 7.15
Element logiczny LUB

Układy połączeń w technice TTL (*Transistor Transistor Logic*) wymagają stabilizowanego napięcia +5 V. Sygnały wychodzące z takiego elementu logicznego są zbyt słabe do bezpośredniego sterowana nastawnikami. Muszą najpierw zostać wzmocnione.

7.5.1. Poziom sygnału

Zestyk ma dwa jednoznaczne położenia:
- zamknięty (włączony) → sygnał 1,
- otwarty (wyłączony) → sygnał 0.

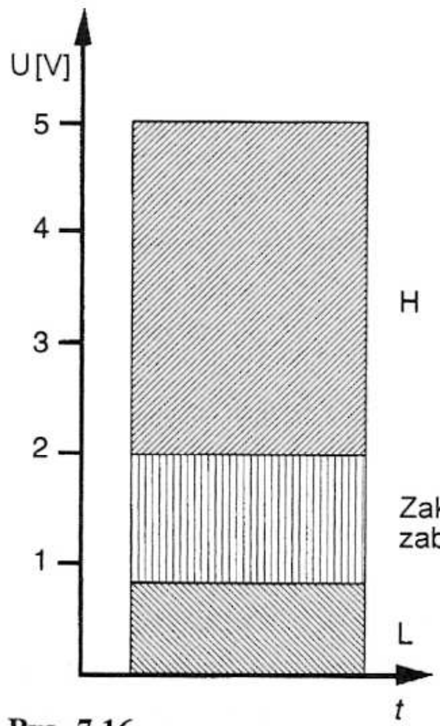
W połączeniach z elementami logicznymi położeniom tym są przyporządkowane wartości napięcia:
- sygnał 1 → 5 V,
- sygnał 0 → 0 V.

Połączenia elektroniczne wykazują pewne granice tolerancji. Należy zatem dla cyfrowych stanów napięcia ustalić zakresy tolerancji:
- sygnał 1 → 2 do 5 V,
- sygnał 0 → 0 do 0,8 V.

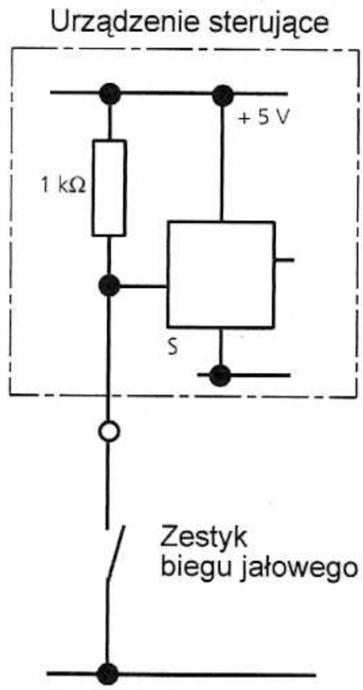
Napięcia te wyrażają także poziom sygnału (rys. 7.16):

wyższe napięcie
↓
wysoki poziom
↓
H (High)

niższe napięcie
↓
niski poziom
↓
L (Low)



Rys. 7.16
Poziom sygnałów w technice TTL



Rys. 7.17
Schemat połączeń wewnętrznych w urządzeniu sterującym, zapewniający jednoznaczny, binarny poziom sygnałów

7.5.2. Poziom sygnału w samochodzie

Połączenie cyfrowe, jako połączenie binarne może tylko wtedy właściwie przetwarzać informacje, kiedy są one dostarczane w formie znanych mu, binarnych wielkości napięcia (rys. 7.17). Dlatego też informacje, które ma przetworzyć cyfrowe urządzenie sterujące, muszą być opracowane zgodnie z wymogami układu, za pomocą odpowiednich przetworników sygnałów wejściowych. Omówimy to na przykładzie zestyku biegu jałowego, którego informacje są wykorzystywane w nowszych urządzeniach sterujących np. do odłączania zasilania.

Zestyk biegu jałowego otwarty: sygnał wejściowy S ma wartość 1 (5 V)
Zestyk biegu jałowego zamknięty: sygnał wejściowy S ma wartość 0 (0 V)

Nie przełączone (otwarte) wejścia zachowują się tak, jak gdyby wysyłały sygnał o wartości 1.

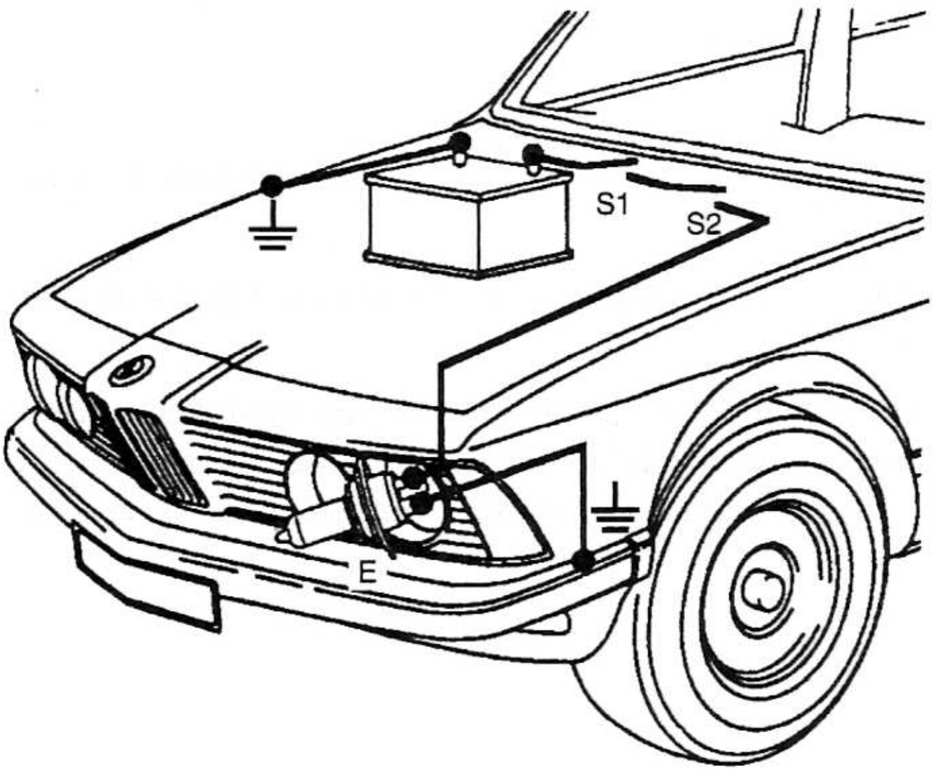
W instrukcjach pomiarowych znajdują się odpowiednie dane dla otwartego i zamkniętego zestyku biegu jałowego.

7.6. Podstawowe funkcje logiczne

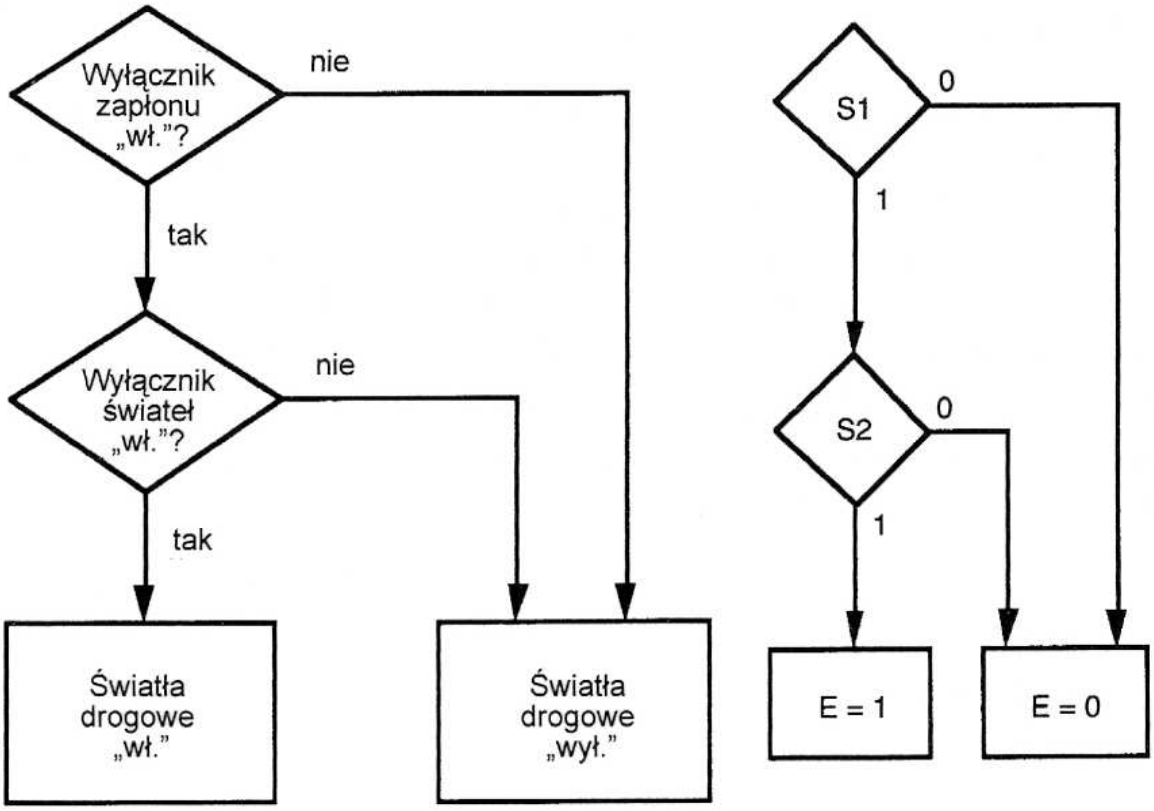
7.6.1. Iloczyn logiczny

Problem

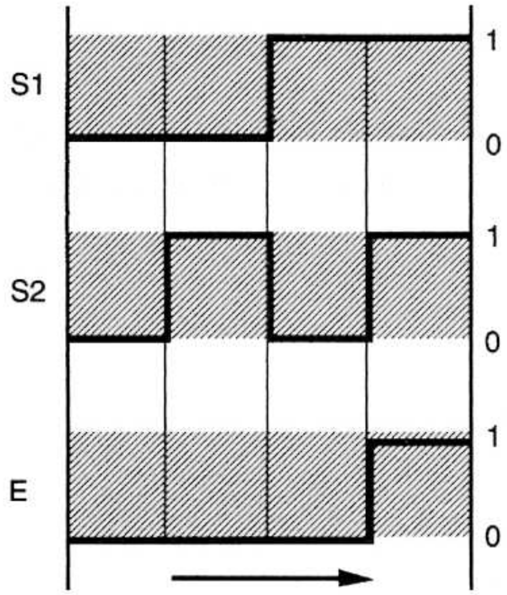
Żarówki świateł drogowych w samochodzie powinny się świecić tylko wtedy, kiedy kluczyk w stacyjce jest w położeniu „zapłon włączony" a zestyk świateł drogowych w pozycji „włączony" (rysunki 7.18 do 7.20).



Rys. 7.18
Rysunek poglądowy obwodu świateł drogowych w samochodzie
Zestyk S1 – włączanie zapłonu w stacyjce
Zestyk S2 – włącznik świateł
E – żarówka w reflektorze



Rys. 7.19
Schemat blokowy przetwarzania danych



Tablica 7.4.

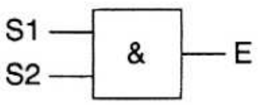
S1	S2	E
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

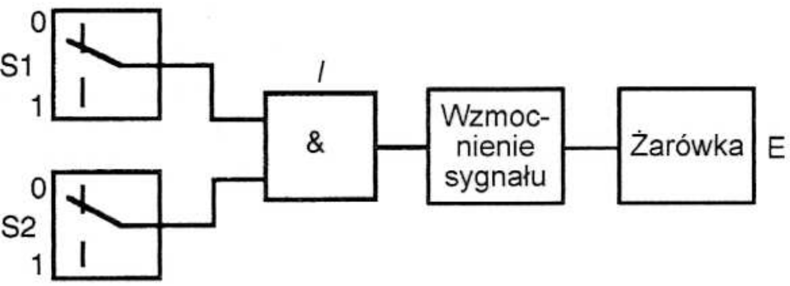
Rys. 7.20
Przebieg wartości zmiennych w czasie

Sygnał na wyjściu bramki I ma wtedy wartość 1, kiedy wszystkie sygnały wejściowe mają także wartość 1 (tabl. 7.4).

We współczesnych samochodach prąd do świateł drogowych nie jest doprowadzony przez wyłącznik, lecz przez przekaźnik albo przez komputer pokładowy, który obejmuje również funkcję nadzoru nad światłami i sygnalizuje kierowcy przepalenie się żarówki (rys 7.21).

Symbol graficzny





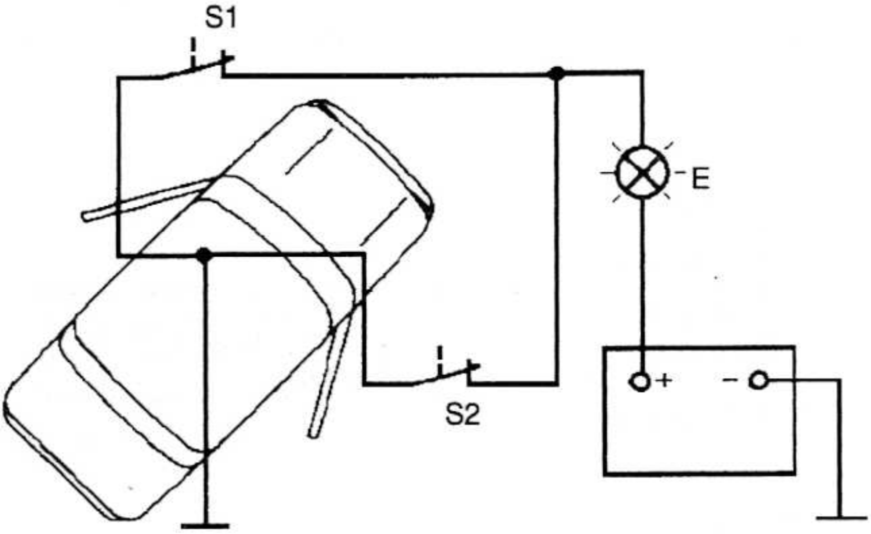
Rys. 7.21
Schemat blokowy przepływu sygnałów

7.6.2. Suma logiczna

Problem

Oświetlenie wewnętrzne w samochodzie powinno się włączać po otwarciu lewych drzwi przednich, prawych drzwi przednich, albo obu tych drzwi jednocześnie (rysunki 7.22 do 7.24).

Sygnał na wyjściu bramki LUB ma wtedy wartość 1, kiedy przynajmniej jeden sygnał wejściowy ma wartość 1 (tabl. 7.5).



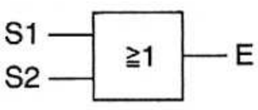
Tablica 7.5

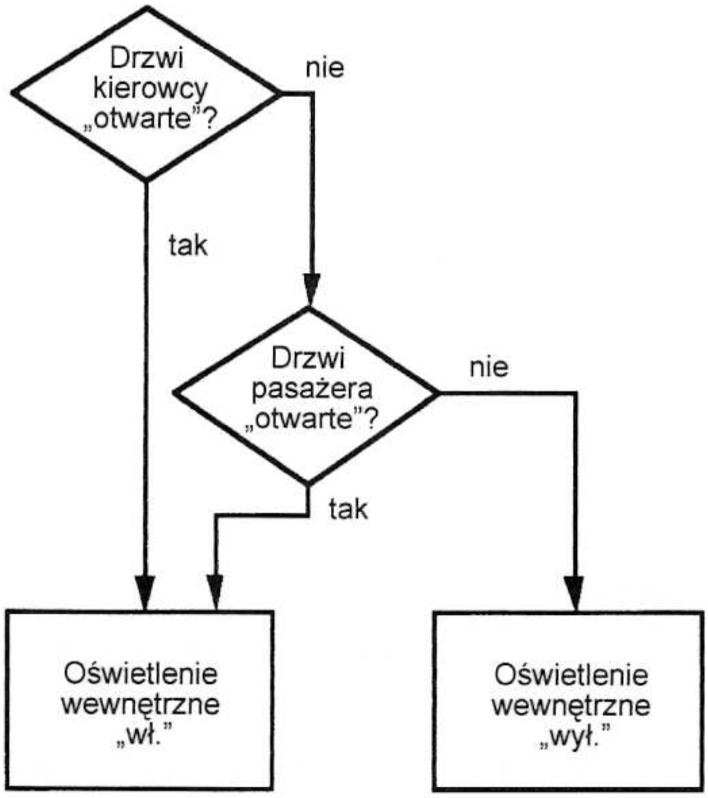
S1	S2	E
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

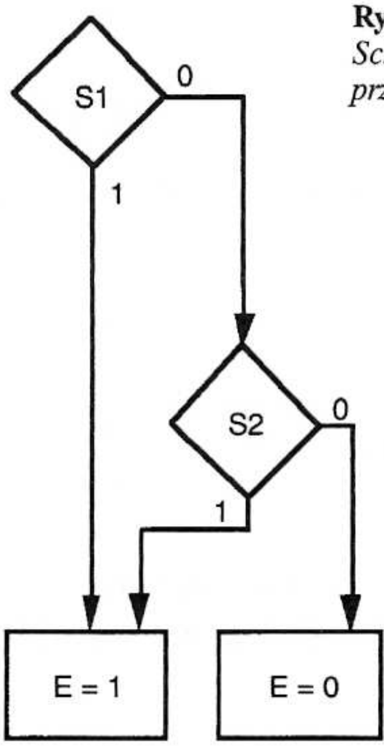
Rys. 7.22
Obwód oświetlenia wewnętrznego w samochodzie
Zestyk S1 – wyłącznik w lewych drzwiach, Zestyk S2 – wyłącznik w prawych drzwiach, E – żarówka oświetlenia wewnętrznego

We współczesnych samochodach zestyki w drzwiach nie kierują bezpośrednio prądu do oświetlenia wewnętrznego, lecz tylko przekazują sygnał (informację) do elektronicznego urządzenia włączającego, które określa jednocześnie np. czas opóźnienia wyłączania się oświetlenia wewnętrznego. Sygnały od zestyków w drzwiach mogą być także kierowane dalej do instalacji alarmowej (rys. 7.25).

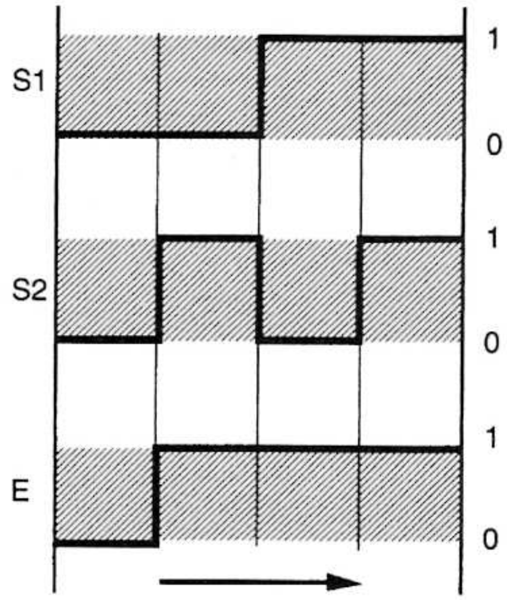
Symbol graficzny



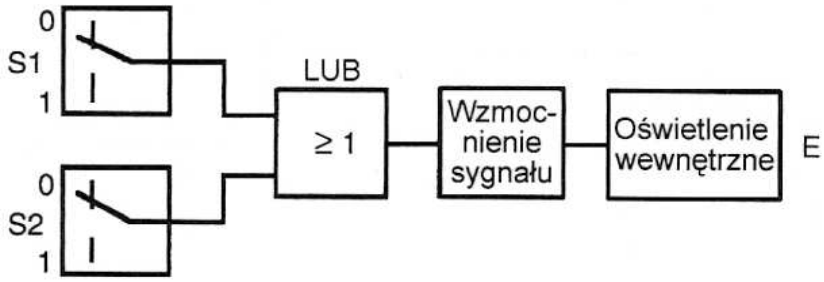




Rys. 7.23
Schemat blokowy przetwarzania danych



Rys. 7.24
Przebieg wartości zmiennych w czasie

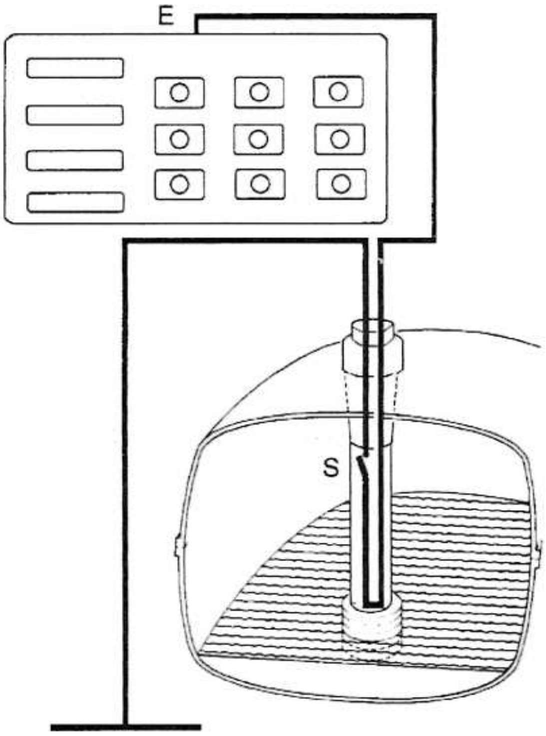


Rys. 7.25
Schemat blokowy przepływu sygnałów

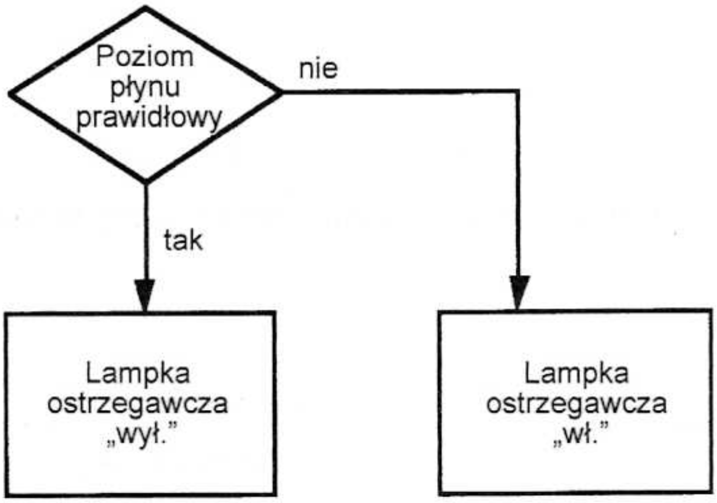
7.6.3. Negacja logiczna

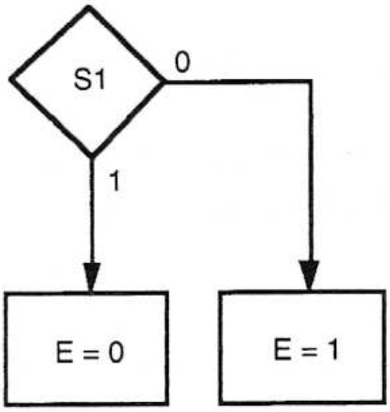
Problem

Poziom płynu do spryskiwaczy szyb w zbiorniku powinien być kontrolowany. W tym celu na wewnętrznym pływaku jest umieszczony mały magnes pierścieniowy. Jak długo poziom płynu jest dostatecznie wysoki, zestyk kontaktronu jest zamknięty przez magnes pierścieniowy. Wraz ze spadkiem poziomu płynu opada w dół także magnes i styki kontaktronu się rozwierają. W jednostce przetwarzającej otwarcie styków powoduje uruchomienie informacji dla kierowcy (rysunki 7.26 do 7.29).

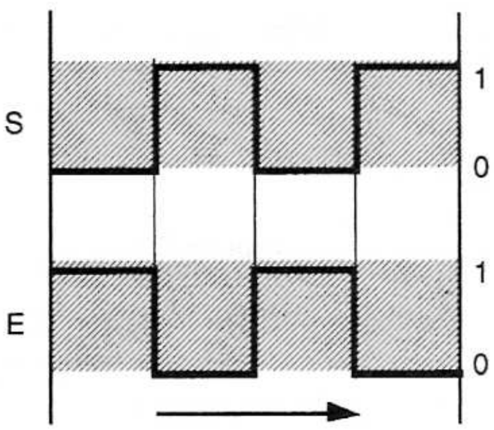


Rys. 7.26
Schemat kontroli poziomu płynu
S – zestyk kontaktrona, E – lampka kontrolna w zestawie wskaźników

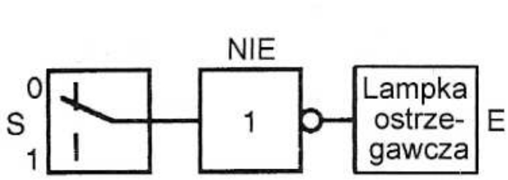




Rys. 7.27
Schemat blokowy przetwarzania danych

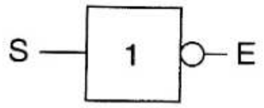


Rys. 7.28
Przebieg wartości sygnałów wejściowego i wyjściowego negacji logicznej



Rys. 7.29
Schemat blokowy przepływu sygnałów negacji logicznej

Symbol graficzny



Tablica 7.6

S1	E
0	1
1	0

Sygnał na wyjściu bramki NIE ma wtedy wartość 1, kiedy sygnał wejściowy ma wartość 0 (tabl. 7.6).

7.6.4. Podsumowanie

Dotychczas omówione elementy logiczne są podstawą wszystkich połączeń logicznych. Wszystkie systemy cyfrowe zbudowane są z trzech elementów: I, LUB i NIE.

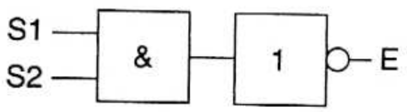
7.6.5. Używane skróty

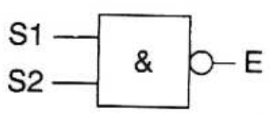
W tablicy 7.7 pokazano jak można z tych podstawowych elementów tworzyć kombinacje o specjalnych cechach.

Tablica 7.7.

Polski	Niemiecki	Angielski	Skróty angielskie
I	UND	AND	AND
LUB	ODER	OR	OR
NIE	NICHT	NOT	NOT
I NIE	UND NICHT	NOT AND	NAND
LUB NIE	ODER NICHT	NOT OR	NOR
EXCLUSIV LUB	EXCLUSIV ODER	EXCLUSIV OR	XOR

Przykład
Bramka I w połączeniu z bramką NIE





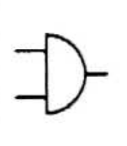
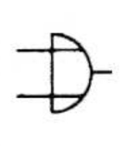
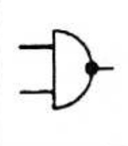
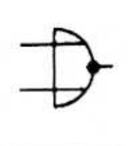
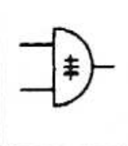
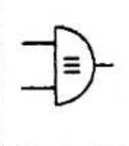
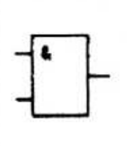
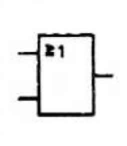
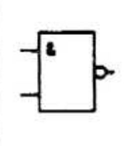
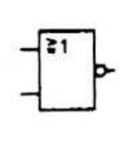
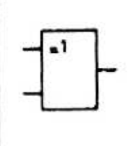
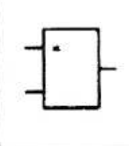
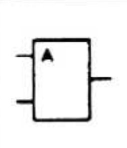
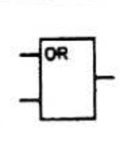
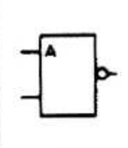
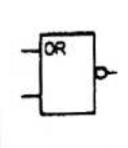
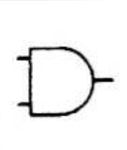
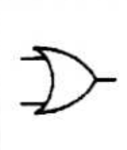
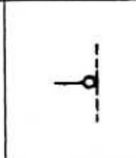
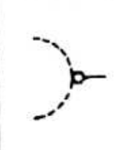
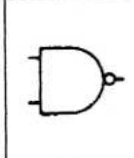
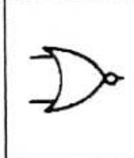
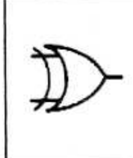
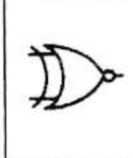
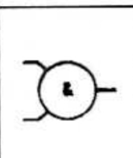
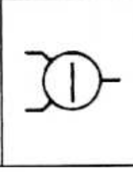
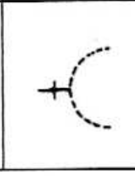
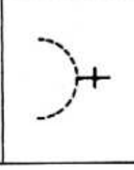
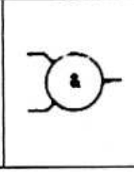
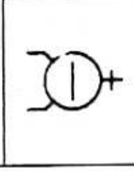
daje bramkę NIE-I (tablica 7.8).

Tablica 7.8.

S1	S2	E
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

7.6.6. Wybrane symbole graficzne elementów logicznych

Tablica 7.9

Norma	I	LUB	Negacja na wejściu	Negacja na wyjściu	NAND	NOR	Exclusiv LUB	Exclusiv NOR
DIN 40 700 (stara)								
IEC-Norm 117-15								
American Standards Association (USA-Norm) ASA-Variante 1								
American Standards Association ASA-Variante 2								
British Standards BS								

7.6.7. Przykład

Problem

Sygnalizator potrzeby przeglądu technicznego w BMW (rys. 7.30) musi zbierać przez dłuższy czas informacje o częstotliwości uruchamiania silnika, przejechanych kilometrach itp. Do tego potrzebne są elementy składowe układu, które potrafią gromadzić i zapamiętywać informacje. Po dokonanym przeglądzie technicznym stacja obsługi musi usunąć zgromadzone dane.

Rozwiązanie

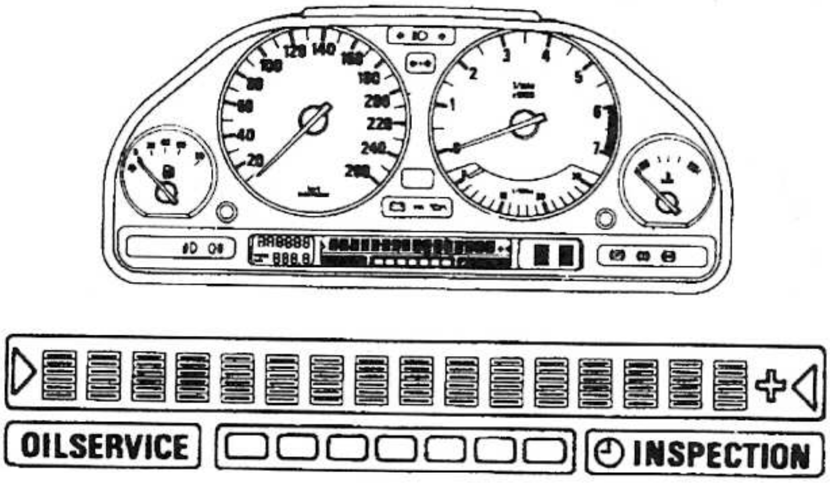
Niezależnie od opisanych powiązań, w technice cyfrowej potrzebujemy także elementów, które potrafią zachować swój stan także wtedy, kiedy nie istnieją już okoliczności, które stan ten wywołały (rys. 7.31).

Uwarunkowania wyjściowe:

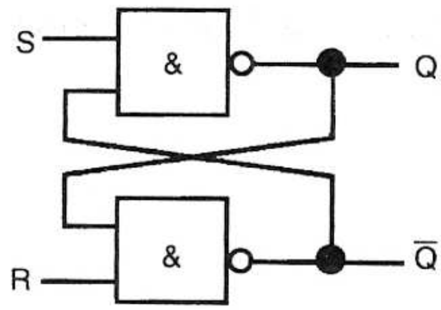
$$Q = 1, \text{ tym samym } \bar{Q} = 0.$$

Nie uruchomiony żaden zestyk (rys. 7.32):

$$S = 1, \; R = 1$$



Rys. 7.30
Sygnalizator konieczności dokonania przeglądu technicznego (BMW)



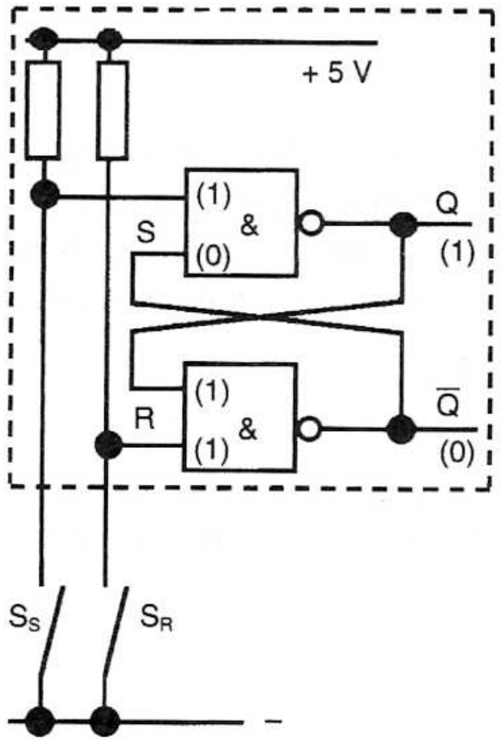
Rys. 7.31
Połączenie dwóch bramek NAND w układ relaksacyjny RS wejścia:
S (włączanie), R (wyłączanie) wyjścia Q i $\overline{Q}$:
$\overline{Q}$ (wejście przeciwstawne do Q, tzn. jeśli Q = 1, to $\overline{Q}$ = 0 i odwrotnie)

Wartości napięcia podano w nawiasach.
S_R zamknięty, S_S otwarty (rys. 7.33):

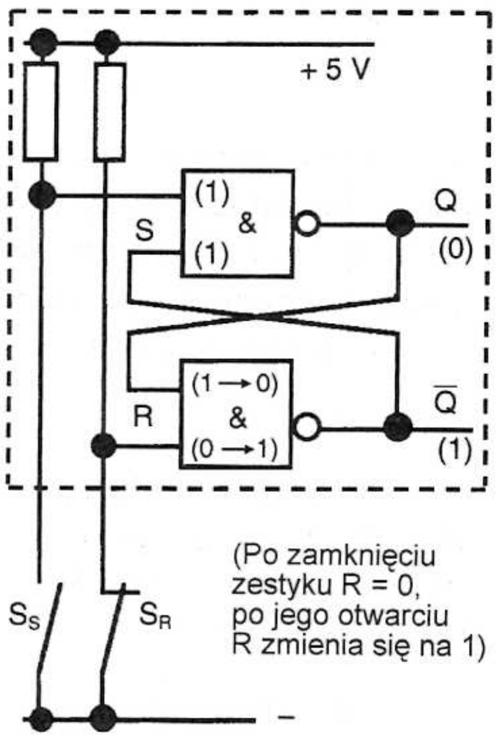
$$Q = 0, \ \overline{Q} = 1$$

W dolnym NAND wartości na wejściach są odpowiednio 1 (góra) i 0 (dół). Wyjście $\overline{Q}$ dolnego NAND musi przyjąć wartość 1.

Dlatego w górnym NAND oba wejścia mają wartość 1, a tym samym wyjście Q musi wykazać wartość 0. Układ relaksacyjny zostaje wyłączony, ponieważ wydaliśmy polecenie zestykiem S_R poprzez wejście R (R = wyłączyć).



Rys. 7.32
Układ relaksacyjny RS w stanie włączonym



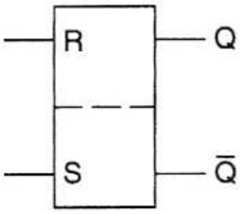
Rys. 7.33
Układ relaksacyjny RS w stanie wyłączonym

Podobnie robi mechanik serwisowy w warsztacie, zerując sygnalizator przeglądu technicznego.

S_S zamknięty, S_R otwarty:

$$Q = 1, \bar{Q} = 0$$

Układ relaksacyjny RS ma dwa stabilne stany i dlatego nazywany jest też bistabilnym. Układ ten może być przeprowadzony z jednego stanu w drugi po otrzymaniu odpowiedniego polecenia na odpowiednim wejściu (krótkotrwałe przyłożenie potencjału 0). Układ relaksacyjny wykonuje to polecenie i pozostaje w nowym stanie. Bistabilny układ relaksacyjny może zatem „nauczyć się", że na jednym wejściu nastąpiło przejście z wartości 1 na 0. Takie przejście jest najmniejszą jednostką informacji, która nazwana została bitem (binary digit). Układ relaksacyjny może zapamiętać 1 bit.

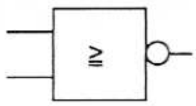


Symbol graficzny połączenia relaksacyjnego RS

7.7. Złożone elementy logiczne

Tablica 7.10

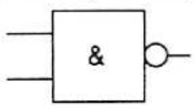
NIE-LUB (NOR)



S1	S2	E
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Tablica 7.11

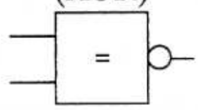
NIE-I (NAND)



S1	S2	E
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Tablica 7.12

EXCLUSIV-LUB (XOR)



S1	S2	E
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NIE-LUB (NOR)

Na wyjściu będzie wartość 1, jeżeli wszystkie wejścia mają jednocześnie wartość 0 (tablica 7.10).

NIE-I (NAND)

Na wyjściu będzie wartość 1, jeżeli nie wszystkie wejścia mają wartość 1 (tablica 7.11).

EXCLUSIV-LUB (XOR)

Na wyjściu będzie wartość 1, jeżeli tylko na jednym wejściu będzie wartość 1 (tablica 7.12)

7.8. System dwójkowy

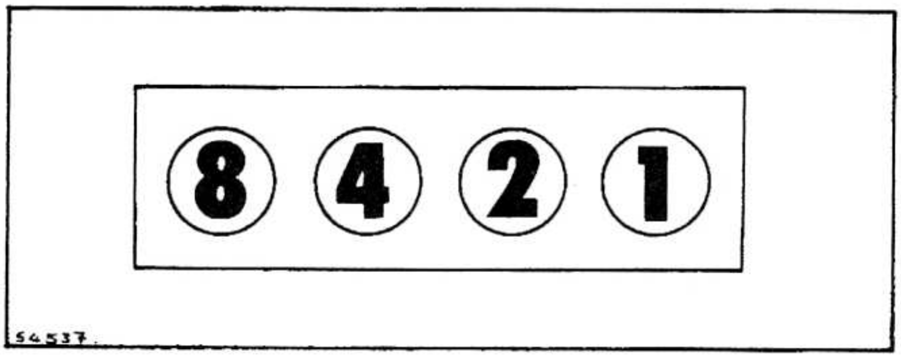
Problem

Dlaczego czterem polom wyświetlacza kodów usterek w Hondzie przyporządkowano tak diametralnie różne liczby (rysunek 7.34)?

HONDA CIVIC i CRX (12-zaworowy)

Wyświetlanie kodu usterek

Kod usterek jest wyświetlany na urządzeniu sterującym za pomocą czterech ponumerowanych diod świecących (rysunek 1). Może się zaświecić jedna dioda (z numerem kodu usterki), albo kilka diod jednocześnie, których numery trzeba wtedy zsumować. Przykład: świecą obie środkowe diody z numerami 4 i 2; oznacza to numer kodu usterki 6.



(1) Rys. 1 Numery kodów usterek wskaźnika z diod świecących

Rys. 7.34
Wyciąg z instrukcji odczytywania kodów usterek w hondzie (Autodata)

Rozwiązanie

Dwójkowy system liczbowy zwany też systemem binarnym

System liczbowy, jakim posługujemy się na co dzień, jest systemem dziesiętnym. Zawiera on dziesięć cyfr od 0 do 9, a jego liczbą główną (albo podstawą) jest 10.

Zilustrujmy to dokładniej na przykładzie:

185

jedności	5 × **1**	=	5
dziesiątki	8 × **10**	=	80
setki	1 × **100**	=	<u>100</u>
	suma	=	185

We wszystkich tych wartościach składowych (jedności, dziesiątki, setki) zawarte są potęgi liczby 10. Szczegółowy zapis tej liczby wyglądałby następująco:

185

jedności	$5 \times \mathbf{10^0}$	=	5
dziesiątki	$8 \times \mathbf{10^1}$	=	80
setki	$1 \times \mathbf{10^2}$	=	<u>100</u>
	suma	=	185

W takim zapisie jest widoczne szczególne znaczenie liczby 10 w systemie dziesiętnym. W życiu codziennym nie posługujemy się jednak potęgami 10 i pozostawiamy tylko liczby 1, 8 i 5. Należy jeszcze zauważyć, że taka kolejność liczb wynika

z „arabskiego” sposobu zapisu, to znaczy od prawej do lewej. A więc miejsca od prawej do lewej to jedności, dziesiątki i setki.

W **dwójkowym systemie liczbowym** podstawą jest liczba 2. O ile w systemie dziesiętnym każde miejsce jest liczbą mnożoną przez potęgę 10, o tyle w systemie dwójkowym jest to potęga liczby 2. Miejsca liczone i czytane są od prawej do lewej, jak to pokazano w tablicy 7.13.

Tablica 7.13. *Potęgi liczby 2*

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
128	64	32	16	8	4	2	1

Przekształcenie liczby dwójkowej w dziesiętną

Jak przekształcić liczbę dwójkową 10111001 w liczbę dziesiętną?

10111001

1. miejsce $1 \times 2^0 = 1$
2. miejsce $0 \times 2^1 = 0$
3. miejsce $0 \times 2^2 = 0$
4. miejsce $1 \times 2^3 = 8$
5. miejsce $1 \times 2^4 = 16$
6. miejsce $1 \times 2^5 = 32$
7. miejsce $0 \times 2^6 = 0$
8. miejsce $1 \times 2^7 = \underline{128}$

Postać dziesiętna 10111001 to **185**

1. miejsce $2^0 = 1$
2. miejsce $2^1 = 2$
3. miejsce $2^2 = 4$
4. miejsce $2^3 = 8$
5. miejsce $2^4 = 16$
6. miejsce $2^5 = 32$
7. miejsce $2^6 = 64$
8. miejsce $2^7 = 128$
9. miejsce $2^8 = 256$
10. miejsce $2^9 = 512$

itd.

Przekształcenie liczby dziesiętnej w dwójkową

Jak można przekształcić liczbę dziesiętną 185 w zapis dwójkowy?

185 : 2 = 92 reszta 1
92 : 2 = 46 reszta 0
46 : 2 = 23 reszta 0
23 : 2 = 11 reszta 1
11 : 2 = 5 reszta 1
5 : 2 = 2 reszta 1
2 : 2 = 1 reszta 0
1 : 2 = 0 reszta 1

Dwójkowym zapisem liczby 185 jest 1 0 1 1 1 0 0 1

Przekształcanie liczb jednego systemu w liczby drugiego systemu dosyć często ma miejsce w technice cyfrowej (przykład: kody usterek w Hondzie).

8. Transmisja danych w samochodzie

Problem

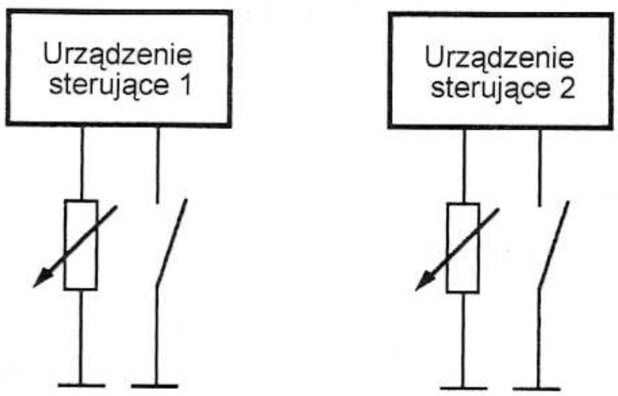
Układy elektroniczne używane we współczesnych samochodach są przeważnie układami pojedynczymi, np. zapłon, przygotowanie mieszanki, układ przeciwblokujący ABS, automatyczna skrzynka przekładniowa itd.

Oznacza to, że każde urządzenie sterujące ma swoje własne czujniki (temperatura, prędkość, ciśnienie itd.), których informacje służą do sterowania albo regulacji danego układu (rys. 8.1).

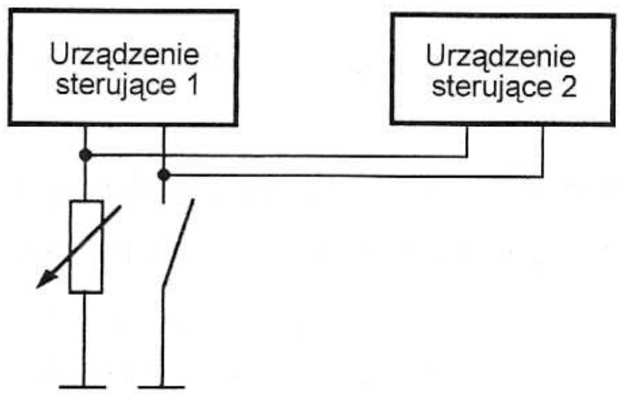
Rozwiązanie

Drugie urządzenie sterujące może wykorzystywać te same informacje, np. wartość temperatury silnika. Można zatem odpowiedni czujnik powiązać także z tym drugim urządzeniem sterującym.

Wada: należy poprowadzić drugi przewód (rys. 8.2).

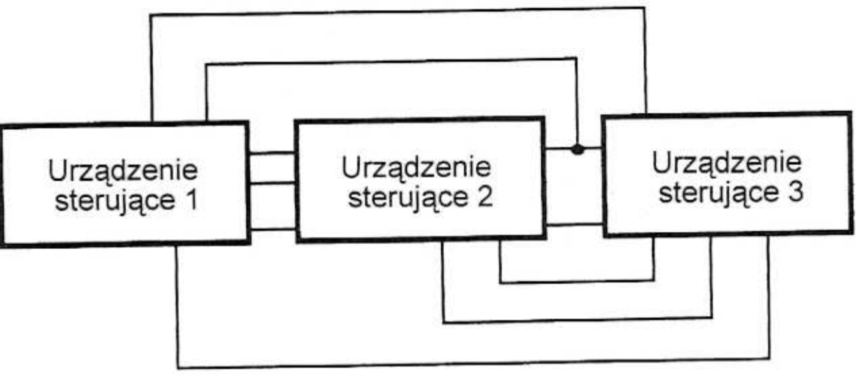


Rys. 8.1
Układ indywidualny



Rys. 8.2
Układy indywidualne korzystające z sygnałów pochodzących od tych samych czujników

Jeżeli jedno urządzenie sterujące potrzebuje dodatkowych informacji z drugiego urządzenia sterującego, należałoby dla każdej dodatkowej informacji prowadzić kolejny przewód (rys. 8.3). Widać z tego, że przekazywanie informacji po przewodach ma swoje granice. Już teraz w samochodzie klasy kompaktowej znajduje się ok. 500 par styków. Oznacza to ok. 900 elementów złącznych, ich obudów, końcówek, uszczelek itp. W drzwiach samochodu wysokiej klasy kłębi się



Rys. 8.3
Indywidualne układy wymieniające dane

prawie 50 przewodów. Całkowita długość przewodów sięga już trzech kilometrów. Połowa z tego służy do przekazywania informacji między urządzeniami sterującymi.

8.1. Przykłady

Czujnik prędkości obrotowej układu ABS wysyła sygnał w postaci napięcia przemiennego, którego częstotliwość jest proporcjonalna do liczby obrotów koła jezdnego, a tym samym do prędkości pojazdu (rys. 8.4).

W **urządzeniu sterującym ABS,** na podstawie informacji z wszystkich czujników prędkości obrotowej, jest obliczana prędkość odniesienia pojazdu. Gdy przednie koła albo tylne wykazują odstępstwa od tej prędkości, wówczas jest uruchamiany układ przeciwblokujący.

Jednocześnie urządzenie sterujące ABS wysyła sygnały o prostokątnej charakterystyce i takiej samej częstotliwości, jak wejściowe napięcie przemienne.

Jeżeli tylne koła utracą przyczepność (do pewnej określonej prędkości samochodu), wówczas jest włączana automatyczna blokada mechanizmu różnicowego ASD jako pomoc w ruszeniu z miejsca.

Układ przeciwpoślizgowy kół napędowych ASR

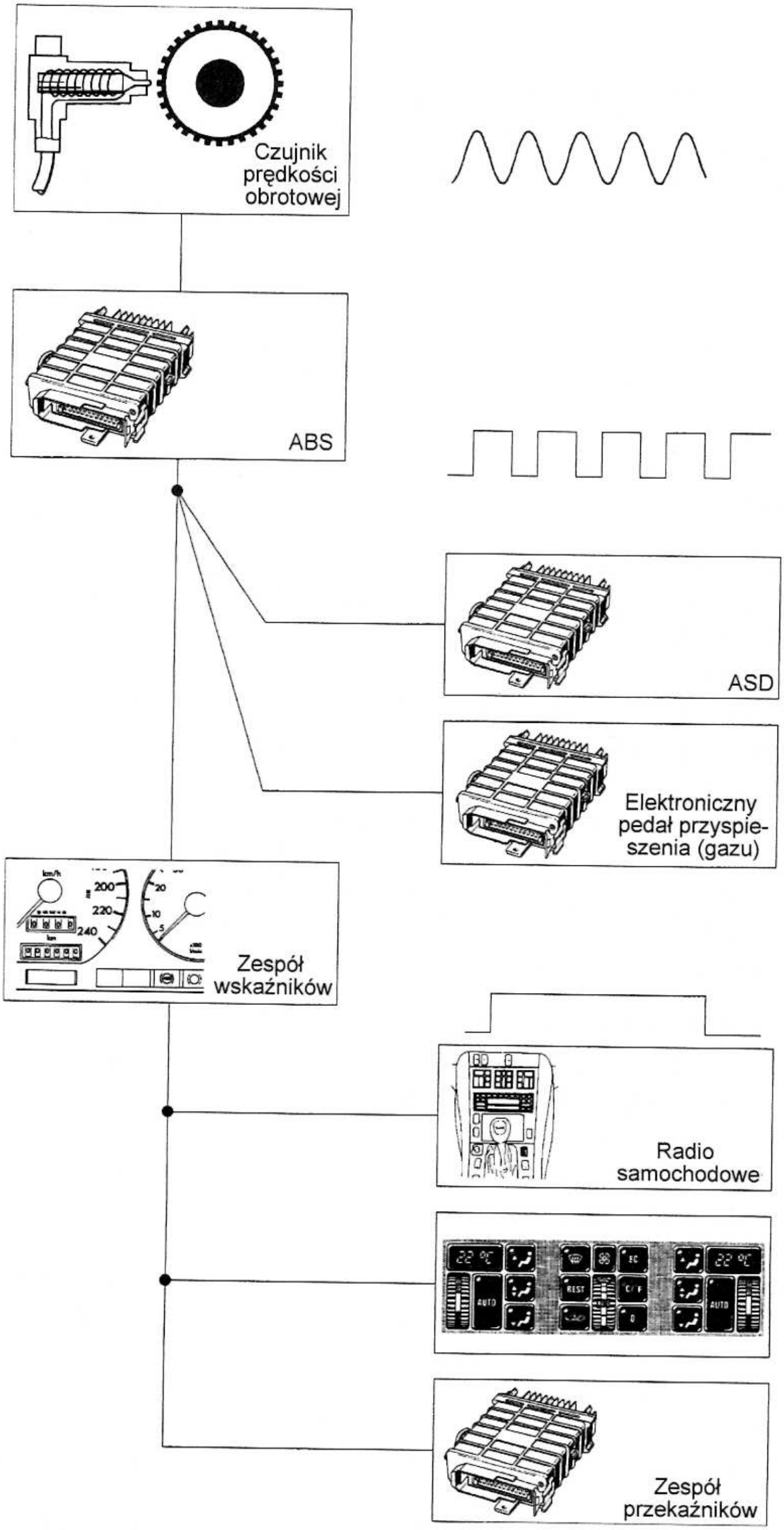
Zerwaniu przyczepności kół przy dużych prędkościach zapobiega elektroniczny pedał przyspieszenia. Niezależnie od tego, jak mocno jest wciśnięty pedał gazu, przepustnica jest sterowana elektronicznie.

W zintegrowanym **zestawie wskaźników** elektroniczny prędkościomierz i licznik kilometrów są sterowane sygnałem zewnętrznym, który jest redukowany w stosunku 4:1.

Radio samochodowe może być wyposażone w urządzenie sterujące jego głośnością w zależności od prędkości (GALA). Im jest ona większa i większy poziom hałasu, tym głośniej gra radio.

Jeżeli samochód jest wyposażony w automatyczną klimatyzację, prędkość obrotowa silnika dmuchawy dopasowuje się do prędkości samochodu. Im jest ona większa, tym szybciej obraca się silnik, aby zapewnić stałe warunki przewietrzania wnętrza samochodu.

Przy prędkości poniżej 20 km/h wycieraczki szyb ustawiają się automatycznie na kolejny mniejszy stopień prędkości.

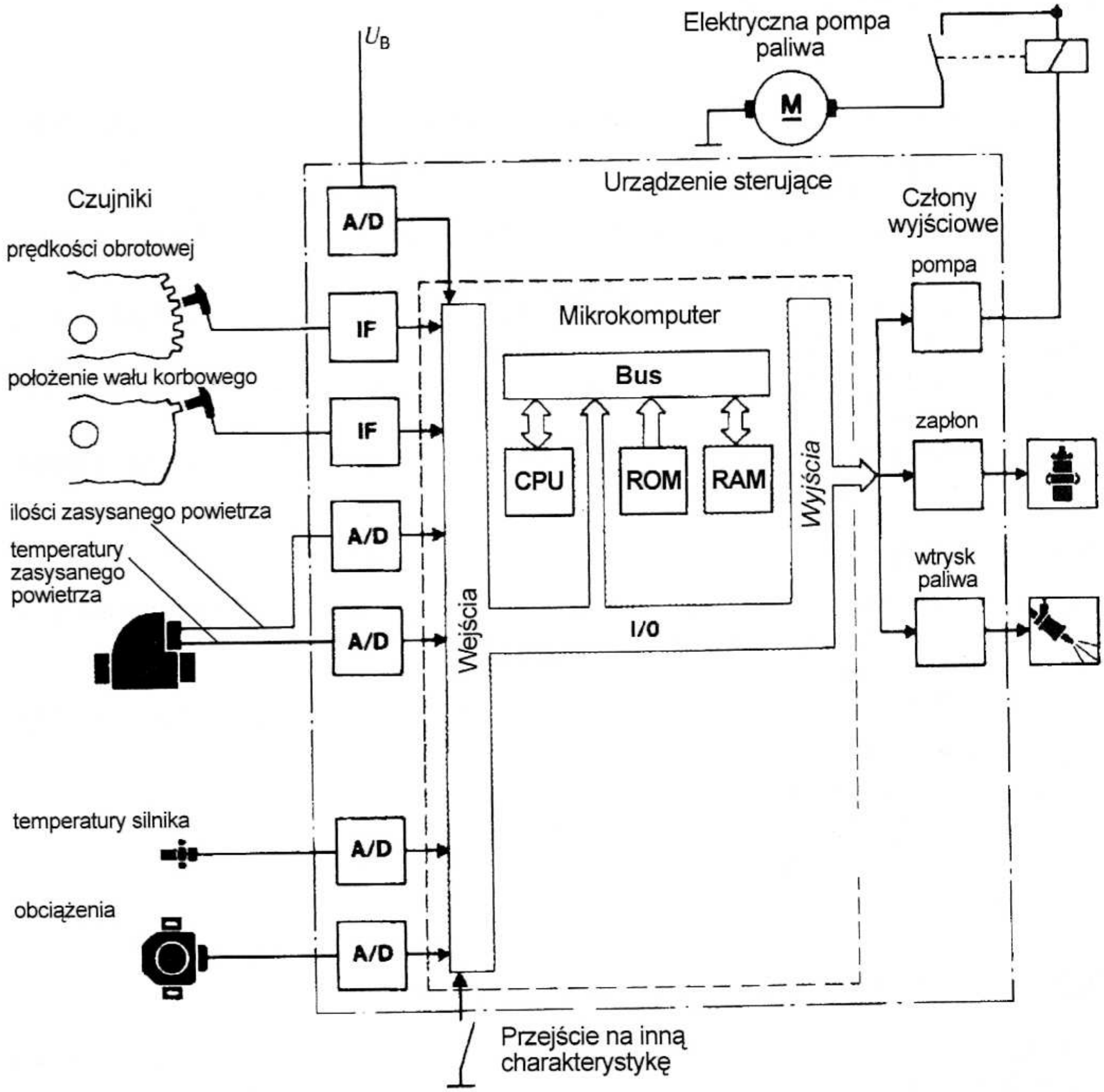


Rys. 8.4
Droga sygnału czujnika prędkości obrotowej lewego, przedniego koła (Mercedes serii W 140)

8.2. Przetwarzanie informacji w urządzeniu sterującym

Na przykładzie urządzenia sterującego przygotowaniem mieszanki układu Monotronic pokazano ogólną zasadę przetwarzania informacji (rys. 8.5). Wtyk 35- albo 55-stykowy łączy urządzenie sterujące z resztą układu. Na jego płycie głównej są umieszczone następujące podstawowe elementy:

- ❑ mikroprocesor (CPU),
- ❑ przetwornik analogowo-cyfrowy (A/D)
- ❑ modulator sygnałów (IF),
- ❑ pamięć ROM,
- ❑ pamięć RAM.



Rys. 8.5
Schemat połączeń urządzenia sterującego

ROM (pamięć programowa)

W ROM (**R**ead **O**nly **M**emory – programowalna, niekasowalna pamięć tylko do programów) są zapisywane opracowane przez producentów dane programowe, zawierające informacje o samochodzie, algorytmy przeliczeniowe, charakterystyki, wykresy itp.

RAM (pamięć danych)

W RAM (**R**andom **A**cces **M**emory – kasowalna pamięć operacyjna) są gromadzone na bieżąco dane eksploatacyjne, opracowywane w ROM za pomocą stałych programów.

Przetwarzanie

Mikroprocesor (CPU – **C**ontrol **P**rocessor **U**nit – jednostka centralna) pobiera z pamięci ROM polecenia i je wykonuje.

Zadania:

- zapisywanie do pamięci operacyjnej (RAM) danych eksploatacyjnych (wartości rzeczywistych),
- identyfikacja stanów rzeczywistych na podstawie tych danych,
- przejmowanie z pamięci ROM wartości wzorcowych charakterystyk ogólnych, odnoszących się do stanów eksploatacyjnych,
- powiązanie wartości zmierzonych i wzorcowych za pomocą umieszczonych w pamięci ROM algorytmów obliczeniowych,
- na podstawie wartości przejściowych i zmierzonych obliczenie sygnałów nastawczych,
- przekazanie sygnałów nastawczych do nadawczych/odbiorczych elementów składowych układu (**I/O** – **I**n/**O**ut)

Sygnały wyjściowe

Sygnały wysyłane z jednostki centralnej (CPU) są za słabe do sterowania nastawnikami. Muszą być zatem w swej końcowej fazie wzmocnione.

Przykłady elementów nastawnych, sterowanych przez końcówki mocy (człony wyjściowe):

- wtryskiwacz,
- cewka zapłonowa,
- zawór odpowietrzania zbiornika paliwa,
- nastawnik biegu jałowego,
- pompa paliwa.

8.3. Przetwornik analogowo-cyfrowy

Podczas zbierania sygnałów wejściowych w samochodzie, dane zmierzone przez czujniki mają przeważnie postać określonej wartości napięcia i formę analogową. Przed opracowaniem ich w urządzeniu sterującym zmierzone wartości muszą być

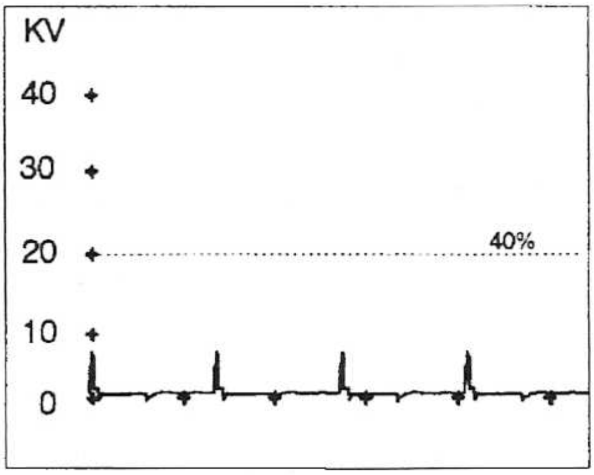
Sprzężenie stałoprądowe DC przedstawia zarówno część stałoprądową, jak i przemiennoprądową sygnału.
Korzyść – dokładne odwzorowanie sygnału.
Wada – zła rozdzielczość nałożonej części przemiennoprądowej.

Sprzężenie przemiennoprądowe AC odfiltrowuje część stałoprądową.
Zaleta – dobra rozdzielczość części przemiennoprądowej.
Wada – nieprawidłowe odwzorowanie sygnałów o charakterystyce prostokątnej.

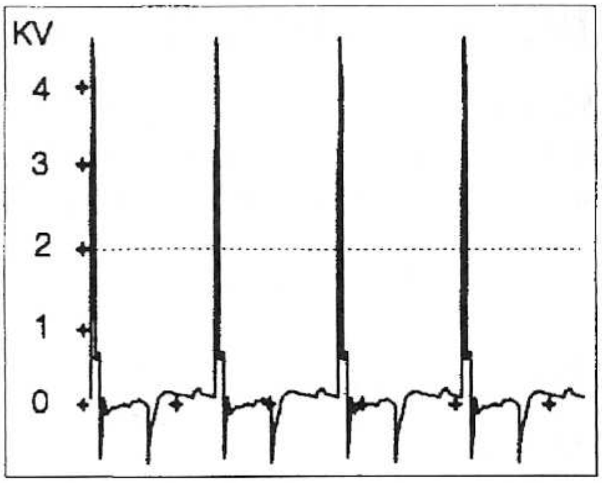
10.3. Oś Y

Oś Y nazywana jest osią pionową, albo osią „napięciową". Na tej osi jest wyznaczona skala napięcia. Wybór skali napięcia (rysunki 10.5 i 10.6) decyduje o tym, jak duży będzie obraz sygnału pomiarowego na ekranie monitora.

Zakres pomiarowy napięcia należy tak wybrać, aby uzyskać na ekranie możliwie największy obraz sygnału.



Rys. 10.5
Wybrano za duży zakres pomiarowy napięcia – widoczny na ekranie obraz sygnału jest za mały



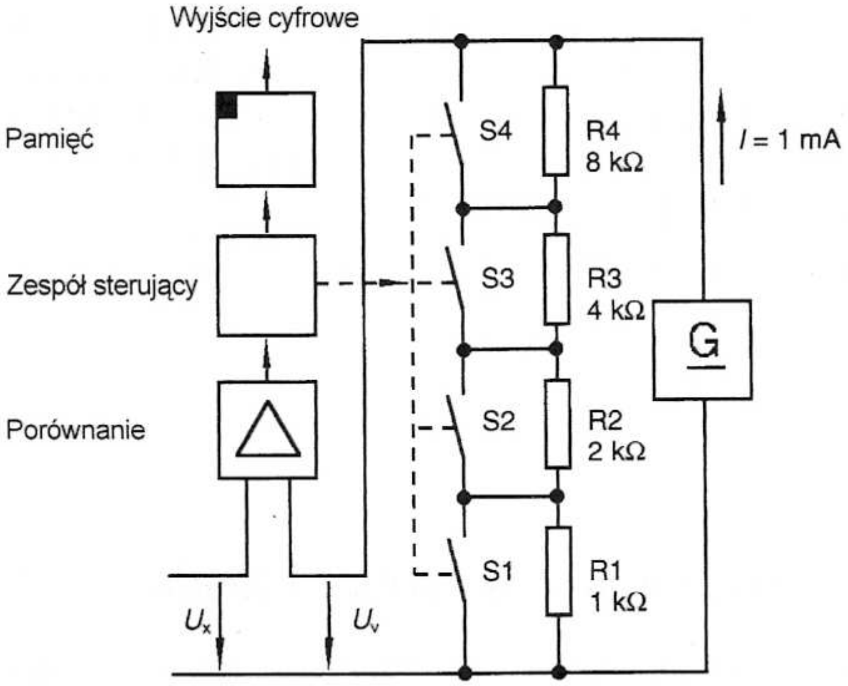
Rys. 10.6
Wybrano prawidłowy zakres pomiarowy napięcia – obraz sygnału jest widoczny na ekranie w maksymalnej wielkości

10.4. Oś X

Obraz w funkcji czasu

Dla osi poziomej X jest używane określenie „oś czasu" albo „podstawa czasu". Na tej osi jest wyznaczona skala czasu. Wybór skali czasu decyduje o tym, jak szeroki będzie obraz sygnału pomiarowego na ekranie (rys. 10.7 do 10.9).

Podstawa czasu musi być tak dobrana, aby była widoczna cała informacja niesiona przez sygnał.

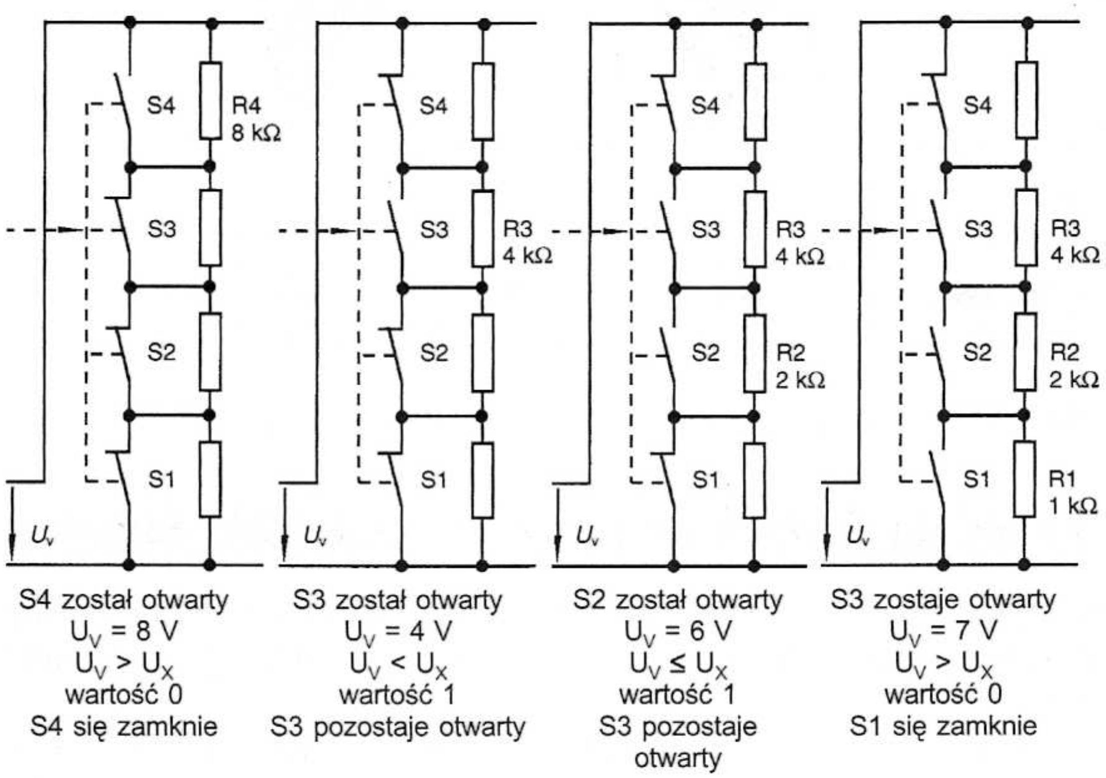


Rys. 8.6
Przetwarzanie analogowo-cyfrowe za pomocą przetwornika stopniowego
Wielkość wejściowa – napięcie analogowe $U_x = 6\ V$
Wielkość wyjściowa – wartość cyfrowa 0110

zamienione na formę cyfrową, a więc liczby 1 i 0. Możliwość takiej przemiany, czyli kodowania stwarza przetwornik stopniowy (rys. 8.6).

Przykład 4-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego (rys. 8.7)

Zespół sterujący otwiera jeden za drugim elektroniczne zestyki S4 do S1. Dzięki temu w łańcuchu rezystorów powstaje napięcie porównawcze U_V. Komparator napięcia porównuje napięcia U_X i U_V. Jeżeli wartość U_V jest większa od wartości U_X, wówczas w pamięci, w jej odpowiednim miejscu, zostaje zapisana wartość 0

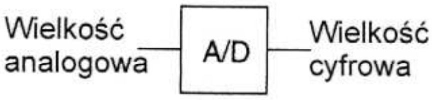


Rys. 8.7
Przykład 4-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego

i zestyk pozostaje zamknięty. Jeżeli wartość U_V jest mniejsza albo równa U_X, to w pamięci zostaje zapisana wartość 1 i zestyk pozostaje otwarty. Kiedy zespół sterujący uruchomił wszystkie cztery zestyki, wtedy w pamięci zostaje zachowana cyfrowa wartość analogowego napięcia. Zastosowane tutaj elementy nazywają się przetwornikami analogowo-cyfrowymi (przetwornik A/C).

Kodowanie oznacza szyfrowanie znaków, liter albo ogólnie rzecz biorąc informacji.

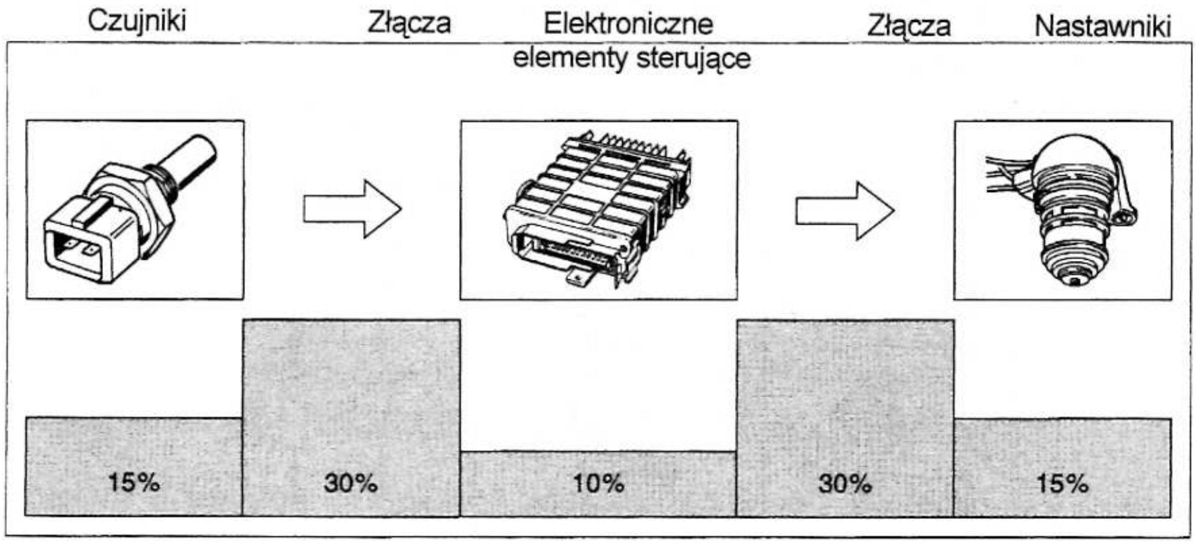
Symbol graficzny



8.4. Połączenia wtykowe słabym punktem układu

Podczas badań w firmie VW sprawdzano stopień awaryjności układów elektronicznych w samochodach. Najrzadziej psują się elementy czysto elektroniczne, jak tranzystory, układy scalone, urządzenia sterujące itp.

Największą awaryjność (ok. 60%) wykazują złącza, składające się z gniazd i wtyków (rys. 8.8). Za powód tego uznano w firmie VW udział pracy ręcznej w produkcji wiązek przewodów, a tym samym ludzką niedoskonałość.



Rys. 8.8
Źródła awarii układów elektrycznych i elektronicznych

8.5. Transmisja danych za pomocą magistrali danych

Sieć szeregowej transmisji danych stworzyła nowe możliwości. Urządzenia sterujące zostały połączone kanałem informacyjnym, przez który mogą się wzajemnie wymieniać danymi.

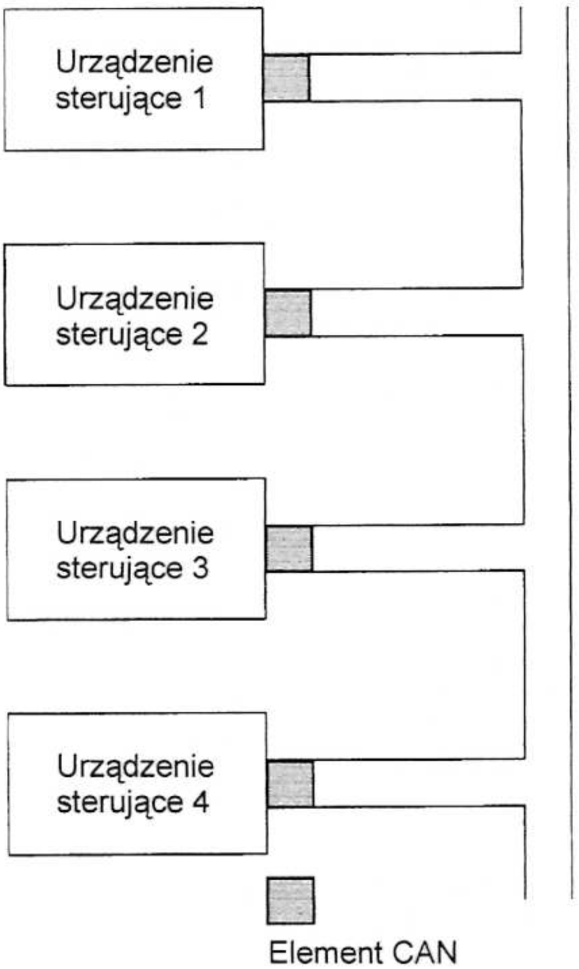
Dzięki temu można wyeliminować dodatkowe czujniki i przewody oraz złącza wtykowe, prowadzące do wejść i wyjść urządzeń sterujących. Jednak jeszcze gorszy od chaosu kabli jest we współczesnych samochodach chaos danych.

Przewód służący do transmisji sygnałów elektrycznych jest nazywany magistralą danych (Bus). Używa się jej wtedy, kiedy różne urządzenia sterujące potrzebują tych samych informacji.

CAN – Control Area Network

CAN jest systemem szeregowej transmisji danych ze wspólną magistralą do transmisji danych w samochodzie. Opracowała go firma Bosch.

Elementy CAN są zintegrowane z urządzeniem sterującym (rys. 8.9). Wysyłają one i otrzymują informacje w formie sygnałów cyfrowych. Zamiast niezliczonej ilości pojedynczych kabli współpracują one z jednym dwużyłowym przewodem.

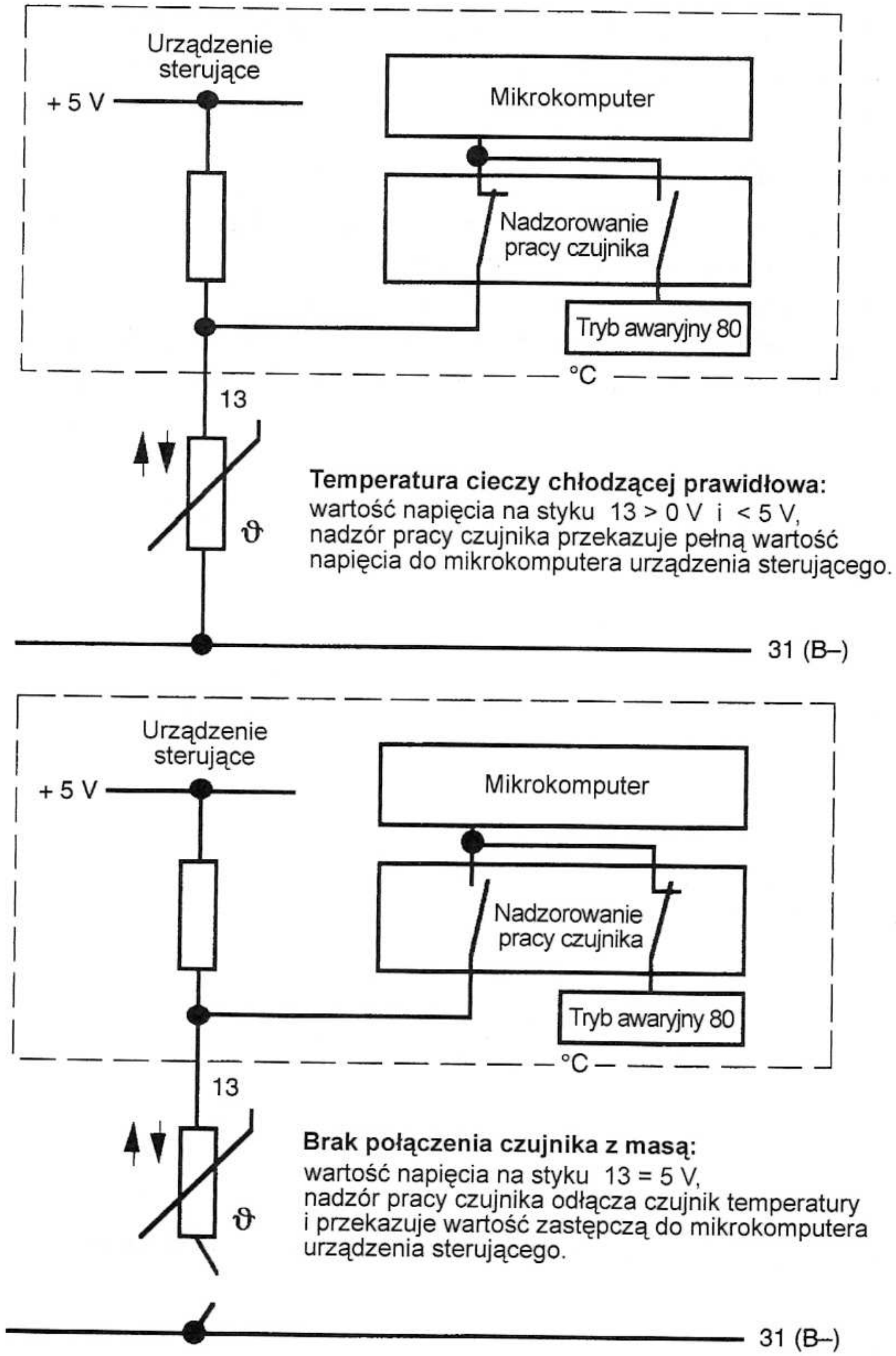


Rys. 8.9
Schemat ideowy sieci szeregowej transmisji danych CAN

8.6. Samodiagnoza

We współczesnych samochodach diagnozowanie jest coraz trudniejsze z uwagi na rosnącą ilość układów elektronicznych i ich coraz większą kompleksowość (adaptacyjne układy regulacyjne). Nieustanny wzrost kosztów obsługi serwisowej układów elektronicznych można zahamować dzięki optymalizacji diagnozowania. Wstępne zlokalizowanie usterki następuje w ramach samodiagnozy systemu (rys. 8.10).

Przez samodiagnozę rozumiemy samokontrolę układu elektronicznego, mającą na celu wspieranie stacji obsługi w poszukiwaniu usterki.



Rys. 8.10
Zasada nadzorowania pracy czujników

W niektórych markach samochodów samodiagnoza umożliwia ponadto:

- sygnalizowanie kierowcy usterki zapaleniem się lampki kontrolnej,
- zapisywanie kodów usterek w pamięci,
- wykasowanie z pamięci po kilku uruchomieniach samochodu nieistniejącej już usterki, np. obluzowanego styku,
- dostarczanie zastępczych danych zamiast sygnału z uszkodzonego czujnika, co umożliwia dojechanie do warsztatu o własnych siłach (tryb awaryjny).

Przykład: przerwanie przewodu czujnika temperatury cieczy chłodzącej

Czujnik temperatury jest wykonany jako rezystor NTC, czyli:

niska temperatura		wysoka temperatura
↓	albo	↓
duża rezystancja		mała rezystancja

Przerwanie przewodu powoduje powstanie nieskończenie dużej rezystancji czujnika temperatury, a tym samym powstanie napięcia 5 V na styku 13 urządzenia sterującego. Taka wartość napięcia jest niezrozumiała. Usterka zostaje zapisana w pamięci i zasygnalizowana kierowcy w postaci zapalenia się lampki kontrolnej. Jednocześnie wartość ta zostaje odrzucona i zastąpiona zawartą w pamięci wartością zastępczą, np. 80°C, co umożliwia kontynuowanie jazdy do stacji obsługi.

8.6.1. Nadzorowanie czujnika (np. temperatury cieczy chłodzącej)

System sprawny

Nie ma żadnej usterki (rys. 8.11)

Samodiagnoza wykazuje właściwe napięcie w zakresie 0,1 do 4,9 V.

Informacja: nie ma usterek.

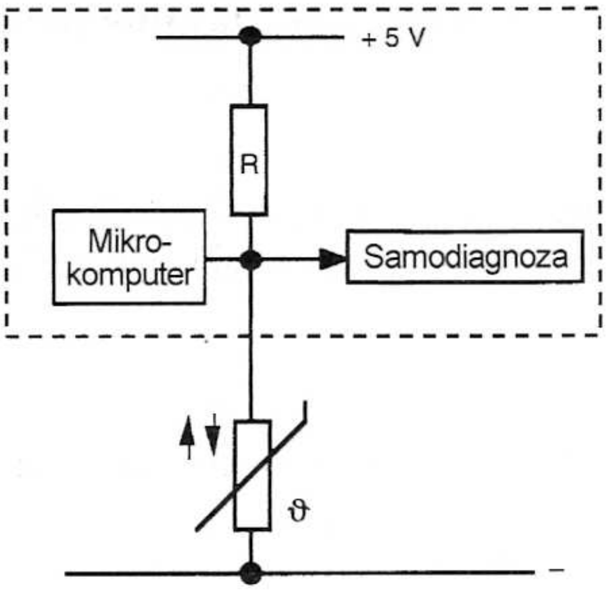
Zwarcie do masy

Nastąpiło zwarcie do masy, np. na skutek przetarcia izolacji przewodu łączącego.

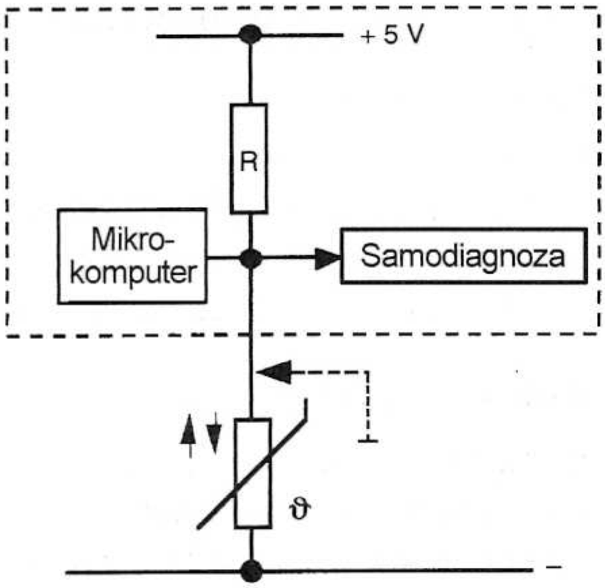
Samodiagnoza wykazuje cały czas napięcie 0 V (rys. 8.12).

Informacja o usterce: napięcie za niskie.

Informacje o usterkach są jednoznaczne.



Rys. 8.11
Prawidłowo działający układ



Rys. 8.12
Zwarcie czujnika do masy

Obwód przerwany

Nastąpiło przerwanie przewodu.

Samodiagnoza wykazuje cały czas wartość napięcia 5 V (rys. 8.13).

Informacja o usterce: napięcie za wysokie.

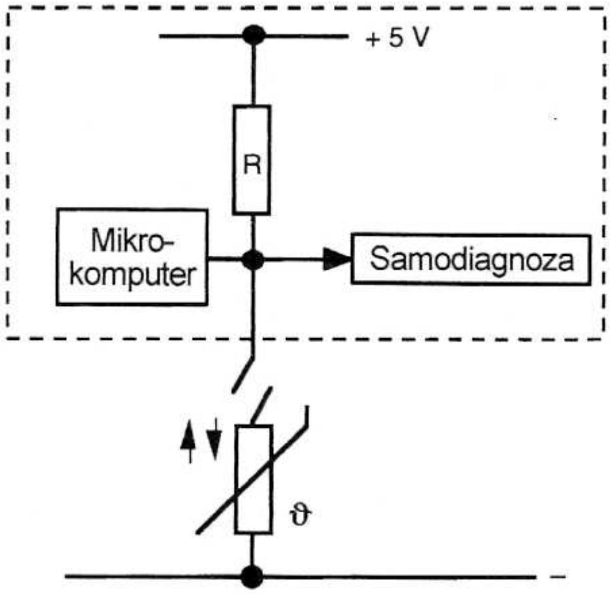
Zwarcie do plusa

Nastąpiło zwarcie do plusa, np. we wtyku przewodu łączącego.

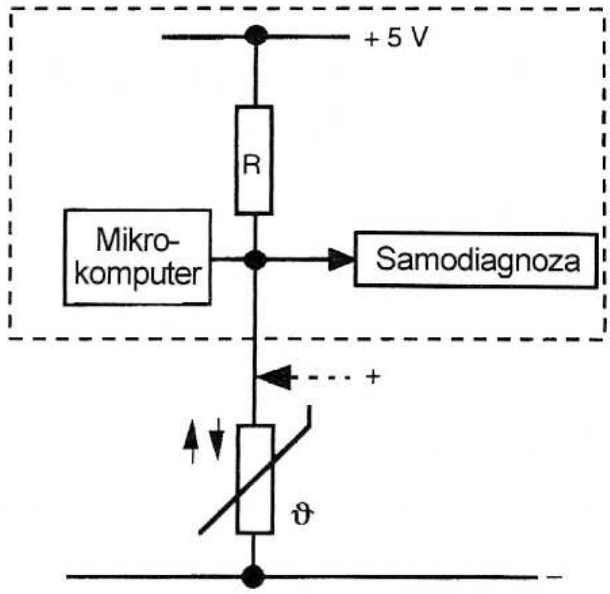
Samodiagnoza wykazuje cały czas wartość napięcia 5 V (rys. 8.14).

Informacja o usterce: napięcie za wysokie.

Dwa ostatnie rodzaje usterek nie są rozróżniane podczas samodiagnozy. Ustalenie błędu jest możliwe tylko po dokonaniu dalszych pomiarów elektrycznych.



Rys. 8.13
Przerwany obwód czujnika



Rys. 8.14
Zwarcie czujnika do plusa (+)

8.6.2. Nadzorowanie nastawnika (np. regulatora biegu jałowego)

Układ sprawny

Nie wystąpiła usterka.

Podczas samodiagnozy jest wykazywana wartość plus albo minus, zależnie od aktualnej regulacji zaworu elektromagnetycznego przez mikrokomputer (rys. 8.15).

Informacja o usterce: nie ma usterek.

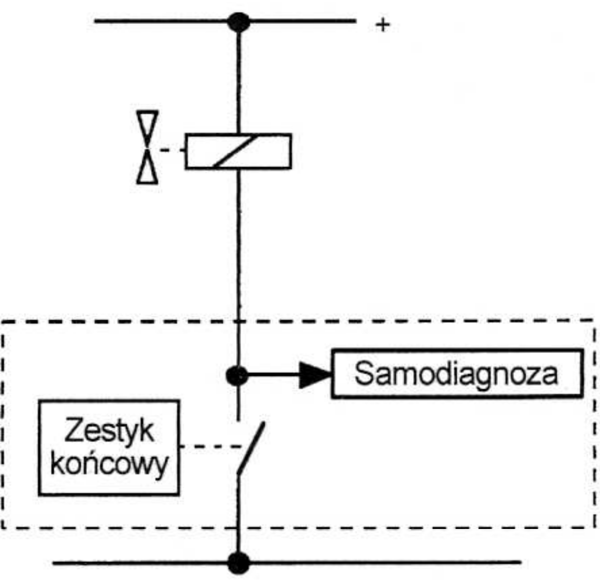
Zwarcie do plusa

Nastąpiło zwarcie do plusa w wiązce przewodów, we wtyku łączącym albo wewnątrz samego urządzenia.

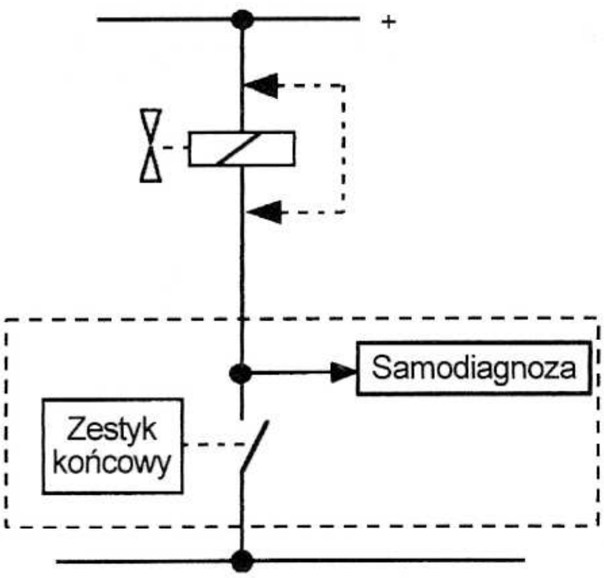
Samodiagnoza wykazuje cały czas plus (rys. 8.16).

Informacja o usterce: napięcie za wysokie.

Informacje o usterkach są jednoznaczne.



Rys. 8.15
Prawidłowo działający układ



Rys. 8.16
Zwarcie nastawnika do plusa (+)

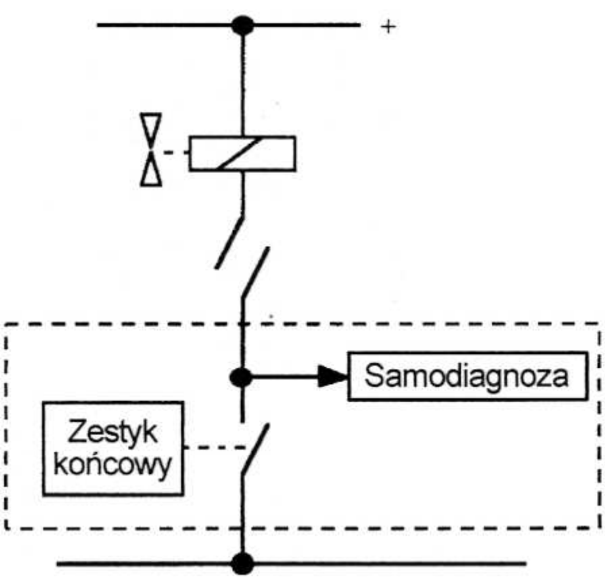
Obwód przerwany

Nastąpiło uszkodzenie przewodu.
Samodiagnoza wykazuje cały czas wartość napięcia 0 V (rys. 8.17).
Informacja o usterce: napięcie za niskie.

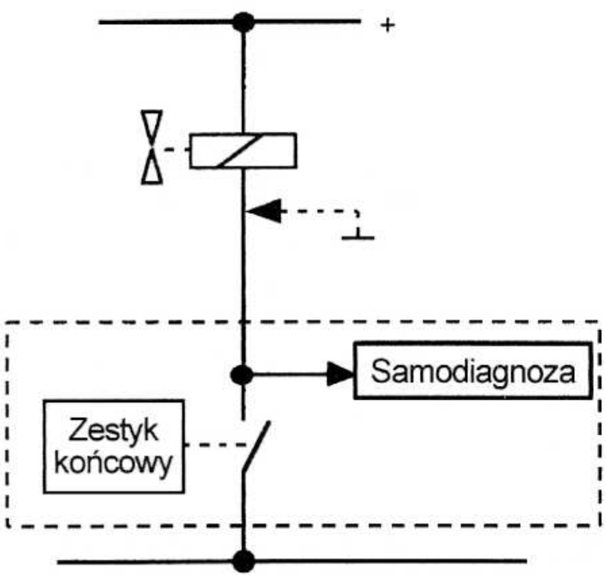
Zwarcie do masy

Nastąpiło zwarcie do masy, np. na skutek przetarcia izolacji.
Samodiagnoza wykazuje cały czas wartość napięcia 0 V (rys. 8.18).
Informacja o usterce: napięcie za niskie.

Te dwa ostatnie rodzaje usterek nie są rozróżniane podczas samodiagnozy. Ustalenie błędu jest możliwe tylko po dokonanu dalszych pomiarów elektrycznych.



Rys. 8.17
Przerwany obwód w nastawniku



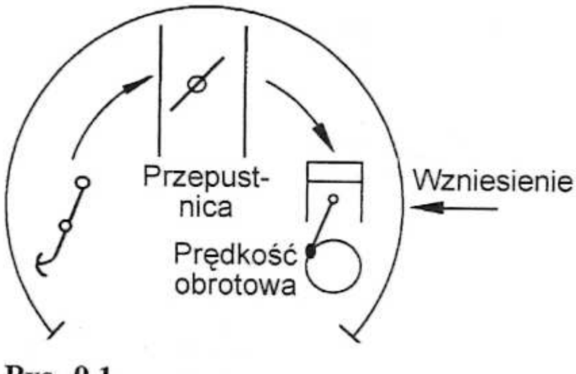
Rys. 8.18
Zwarcie nastawnika do masy

9. Sterowanie i regulacja

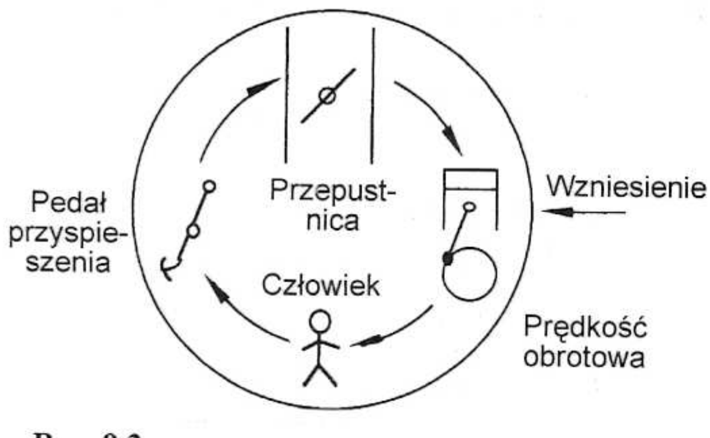
9.1. Różnica pomiędzy sterowaniem i regulacją

9.1.1. Łańcuch sterowania

Przez naciskanie i zwalnianie pedału przyspieszenia zostaje zmienione położenie przepustnicy, co powoduje zmianę prędkości obrotowej silnika. Zależność ta może być przedstawiona w postaci łańcucha sterowania (rys. 9.1). Kiedy samochód wjeżdża na wzniesienie, wtedy zmniejszy się prędkość obrotowa silnika przy niezmienionym położeniu przepustnicy. Jeżeli kierowca nie zareaguje, to zmniejszy się również prędkość samochodu. Obniżenie się prędkości obrotowej silnika nie ma żadnego wpływu na położenie pedału przyspieszenia. Łańcuch sterowania jest „otwarty", to znaczy nie ma meldunku zwrotnego, zależnego od wartości sygnału wyjściowego. Wynik nastawiania albo sterowania nie jest kontrolowany.



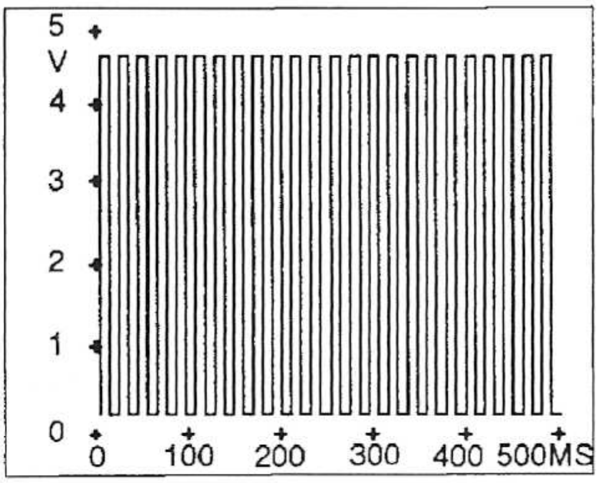
Rys. 9.1
Łańcuch sterowania



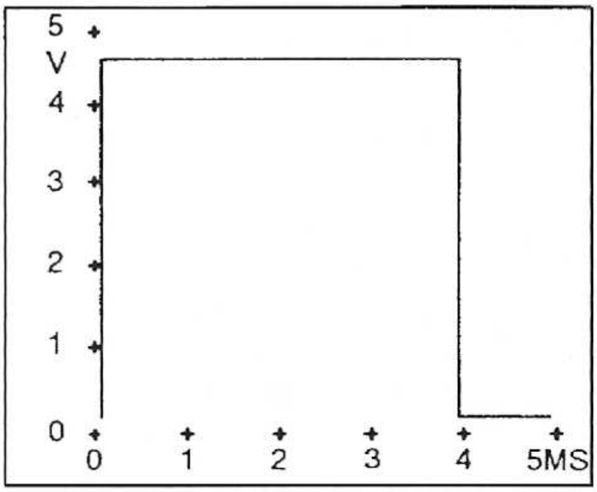
Rys. 9.2
Obwód regulacji

9.1.2. Obwód regulacji (rys. 9.2)

Jeżeli chcielibyśmy utrzymać określoną prędkość obrotową (albo prędkość jazdy), to skutek wystąpienia zakłócenia, np. podjazdu pod górę, musiałby być wyrównany przez większe otwarcie przepustnicy. Ma to miejsce, kiedy kierowca odczyta na prędkościomierzu rzeczywistą prędkość samochodu, ustali odchyłkę od oczekiwa-



Rys. 10.7
Wybrana podstawa czasu za duża – nie jest możliwe dokładne przyjrzenie się obrazowi sygnału



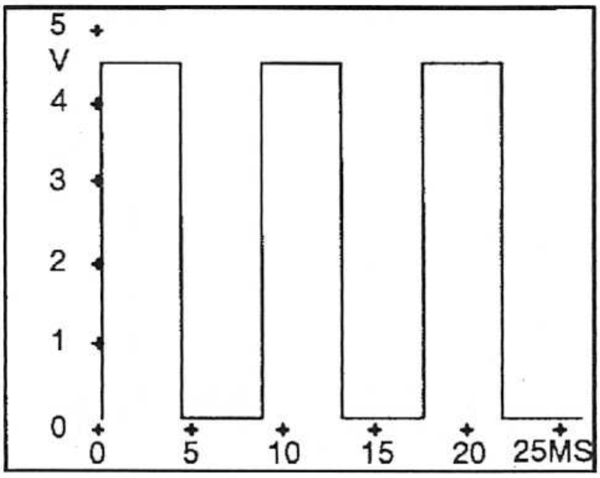
Rys. 10.8
Wybrana podstawa czasu za mała – ważne szczegóły obrazu sygnału pomiarowego mogą nie być widoczne

Skala 100%

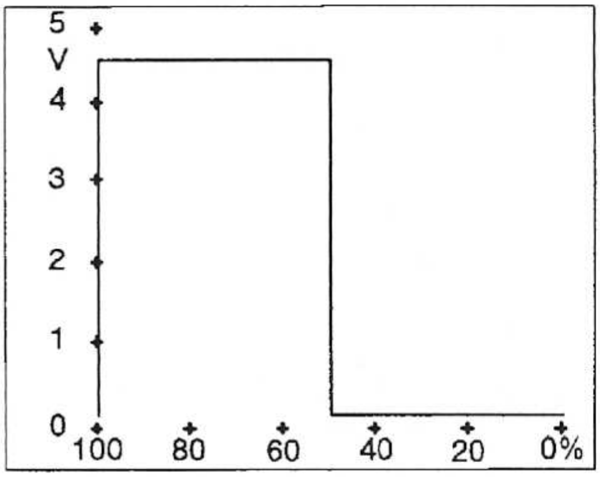
W wielu zastosowaniach (np. pomiar współczynnika trwania impulsu) najprostszym rozwiązaniem jest praca przy skali 100%. Wybór ten oznacza, że zawsze pokazany zostanie jeden pełen cykl przebiegu sygnału (rys. 10.10).

Wskazówka

W starszych testerach liczba pokazanych cykli zależy od liczby cylindrów. Jeżeli chcemy zobaczyć tylko jeden cykl, musimy wybrać opcję dla jednego cylindra.



Rys. 10.9
Wybrana podstawa czasu prawidłowa – obraz sygnału na ekranie jest prawidłowy i dobrze czytelny



Rys. 10.10
Opcja 100% – przy takim ustawieniu na ekranie jest zawsze widoczny pełen cykl sygnału

nej prędkości i bardziej wciśnie pedał przyspieszenia (doda „gazu"), aby zniwelować tę różnicę. Człowiek spełni tu funkcję „sprzężenia zwrotnego" pomiędzy początkowymi i końcowymi warunkami jazdy oraz zachowa się jak regulator, wpływający na prędkość obrotową silnika. Istnienie sprzężenia zwrotnego sprawia, że taki łańcuch sterowania staje się zamkniętym obwodem regulacji. Ponieważ sprzężenie zwrotne nie nastąpiło automatycznie, lecz za pośrednictwem człowieka mówimy w tym przypadku o „regulacji z niesamoczynnym sprzężeniem zwrotnym". Zadaniem automatyki jest możliwie szerokie wykluczenie niesamoczynnego sprzężenia zwrotnego, czyli człowieka, z obwodów regulacji i zastąpienie go regulacją automatyczną, np. tempomatem.

W zależności od zamkniętego albo otwartego łańcucha przebiegu procesu rozróżniamy sterowanie przy otwartym łańcuchu (łańcuch sterowania) i regulację przy zamkniętym obwodzie (obwód regulacji).

9.2. Sterowanie

9.2.1. Definicja sterowania

Sterowanie jest takim przebiegiem procesu, podczas którego wartości wejściowe wywierają wpływ na wartości wyjściowe.

Nie ma sprzężenia zwrotnego, czy też meldunku zwrotnego do zespołu sterującego. Dlatego mówimy o otwartej drodze oddziaływania, co jest cechą szczególną sterowania.

9.2.2. Ogniwa łańcucha sterowania

Podczas analizy urządzeń sterujących zastępujemy rysunkowe przedstawianie elementów składowych blokami funkcji, które są charakterystycznymi elementami składowymi każdego sterowania (rys. 9.3).

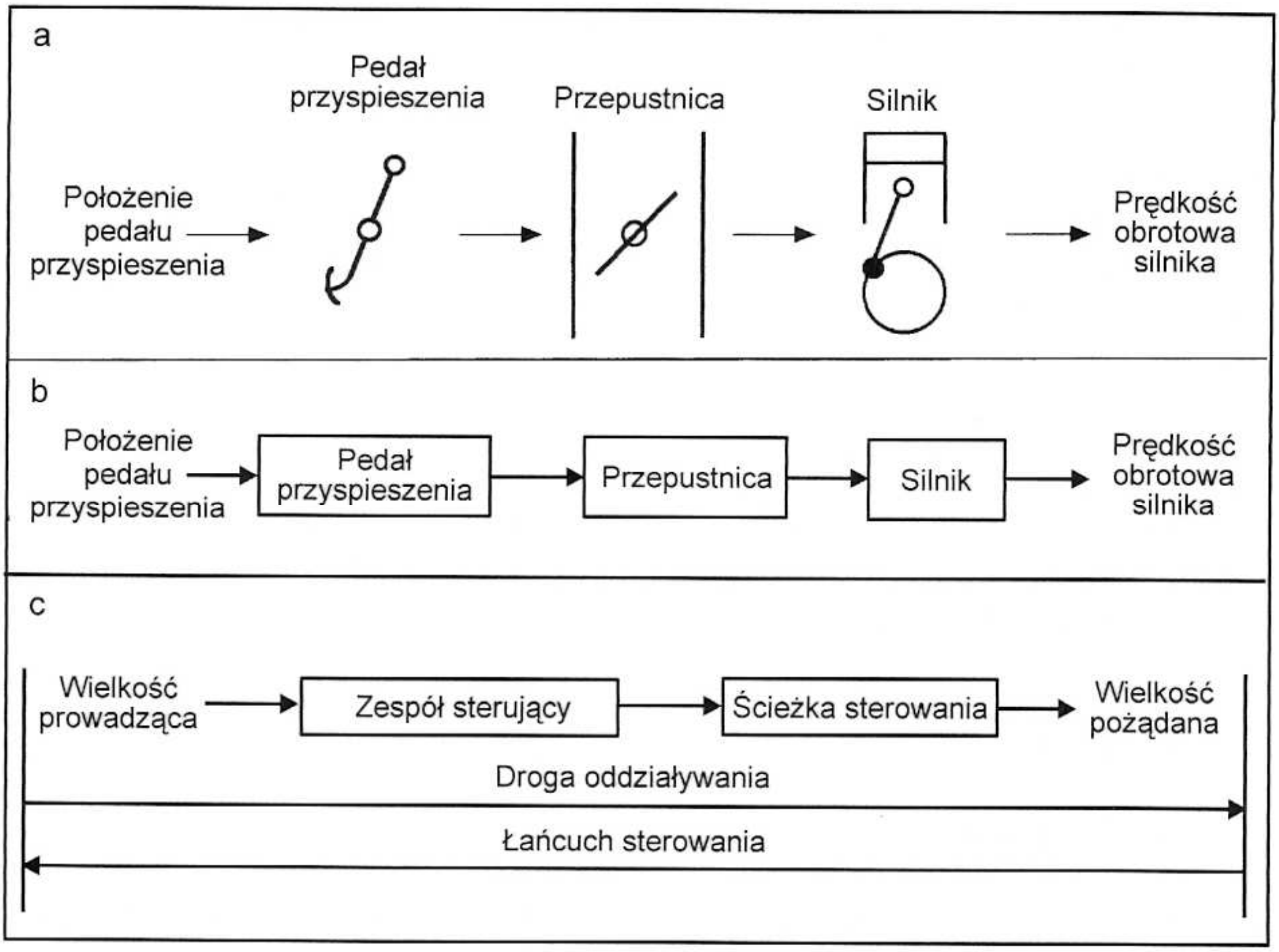
Podczas przebiegu sterującego wartości wejściowe wywierają wpływ na wartości wyjściowe w formie otwartych dróg oddziaływania.

9.2.3. Wielkości wejściowe i wyjściowe łańcucha sterowania

W praktyce pedał przyspieszenia i przepustnicę łączy się w jeden zespół sterujący. Można następująco określić cechę szczególną łańcucha sterowania.

Otwarty łańcuch sterowania zawiera zawsze ***zespół sterujący i ścieżkę sterowania.***

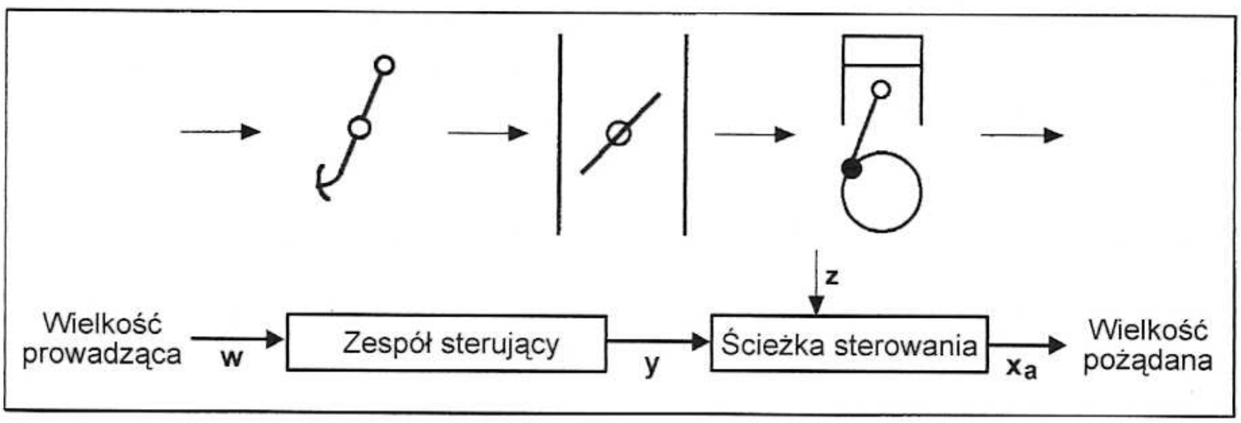
W ramach analizy systemowej schematów przepływu sygnałów szczególną uwagę przywiązuje się do samych sygnałów, czyli wartości wejściowych i wyjściowych poszczególnych elementów układu. Sygnały pojawiają się w interfejsach (łączach)



Rys. 9.3
Sterowanie prędkości obrotowej silników o zapłonie iskrowym:
a) przedstawienie za pomocą symboli graficznych, b) przedstawienie za pomocą bloków funkcji, c) wielkości charakterystyczne łańcucha sterowania

między elementami układu. Przepływ sygnałów jest przepływem informacji. Z tego powodu wartości wejściowe i wyjściowe elementów układu sterowania lub regulacji zostały znormalizowane.

Szczególne znaczenie w przebiegach sterownia i regulacji odgrywają wartości zakłócające *z*, które nie są uwzględniane podczas sterowania, ale wpływają na układ.



Rys. 9.4
Wielkość prowadząca w – życzenie kierowcy uzyskania określonej prędkości obrotowej silnika (prędkości samochodu), to znaczy określone położenie pedału przyspieszenia.
Wielkość nastawna y – stopień otwarcia przepustnicy, to znaczy określony strumień powietrza, czyli ilość mieszanki paliwa z powietrzem.
Wielkość pożądana x_a – prędkość obrotowa silnika (prędkość jazdy)
Wielkość zakłócająca z – przeciwny wiatr, jazda pod górę lub w dół itp.

Tablica 9.1. *Najważniejsze pojęcia techniki sterowania*

Zespół sterujący	Wielkość wejściowa Wielkość wyjściowa	Wielkość prowadząca **w** (= wartość zadana) Wielkość nastawna **y**
Ścieżka sterowania	Wielkość wejściowa Wielkość wyjściowa	Wielkość nastawna **y** Wielkość zakłócająca **z** Wielkość pożądana $\mathbf{x}_a$ (= wartość rzeczywista)
Zespół sterujący	Wpływa na element nastawny, aby spowodował przyjęcie określonego położenia	
Ścieżka sterowania	Koniec drogi oddziaływania	
Droga oddziaływania	Droga po której przebiega sterowanie	
Łańcuch sterowania	Połączenie wymienionych wyżej elementów	

Najważniejsze pojęcia techniki sterowania podano w tablicy 9.1. Przykładem ich zastosowania jest sterowanie prędkości obrotowej (rys. 9.4).

9.2.4. Rodzaje sterowania według rodzaju sygnału

Sterowanie binarne

W sterowaniu binarnym są otrzymywane sygnały binarne (dwuwartościowe) i wysyłane także sygnały binarne (rys. 9.5).

Przykłady

- ❑ binarne sterowanie mechaniczne – zestyk mechaniczny, np. włącznik świateł hamowania, zestyk biegu jałowego, przerywacz w klasycznym układzie zapłonowym,
- ❑ binarne sterowanie elektroniczne – tranzystor jako zestyk, np. zapłon tranzystorowy, urządzenie alarmowe, wszystkie zestyki w technice cyfrowej.

Sterowanie analogowe

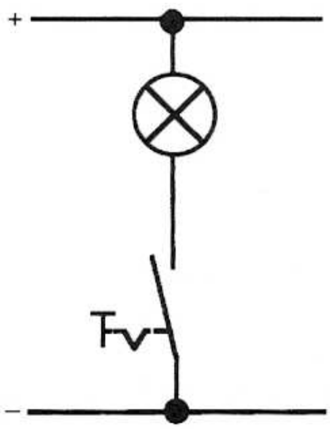
W sterowaniu analogowym zmiana wielkości nastawnej następuje analogicznie do wielkości prowadzącej (rys. 9.6).

Przykłady

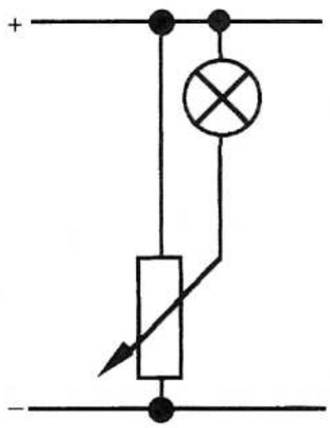
- ❑ analogowe sterowanie mechaniczne, np. sterowanie mocą silnika o zapłonie iskrowym za pomocą pedału przyspieszenia, sterowanie silnika, hamulce,
- ❑ analogowe sterowanie elektroniczne, np. bezstopniowe sterowanie dmuchawy, ustawianie głośności w radiu, sterowanie kąta zwarcia.

Sterowanie cyfrowe

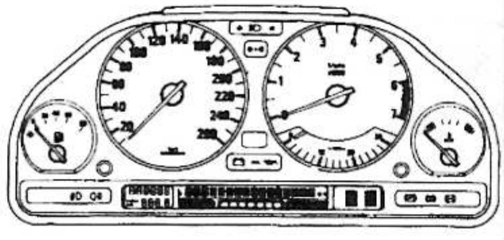
W sterowaniu cyfrowym wykorzystuje się sygnały binarne przetwarzane w mikroprocesorze i wysyłane do układu w postaci sygnałów cyfrowych (rys. 9.7).



Rys. 9.5



Rys. 9.6



Rys. 9.7

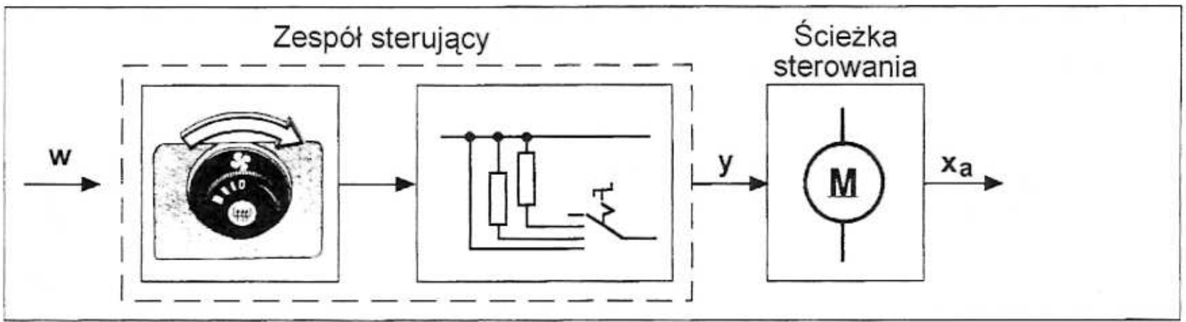
Przykłady

- cyfrowe sterowanie elektroniczne, np. sygnalizator potrzeby przeglądu technicznego, zapłon sterowany za pomocą mapy zapłonu, samodiagnozowanie, kasowanie z pamięci kodów usterek, wyłączanie prądu spoczynkowego w układzie zapłonowym.

9.2.5. Sterowanie binarne

Dmuchawa wewnętrzna nastawiana stopniowo

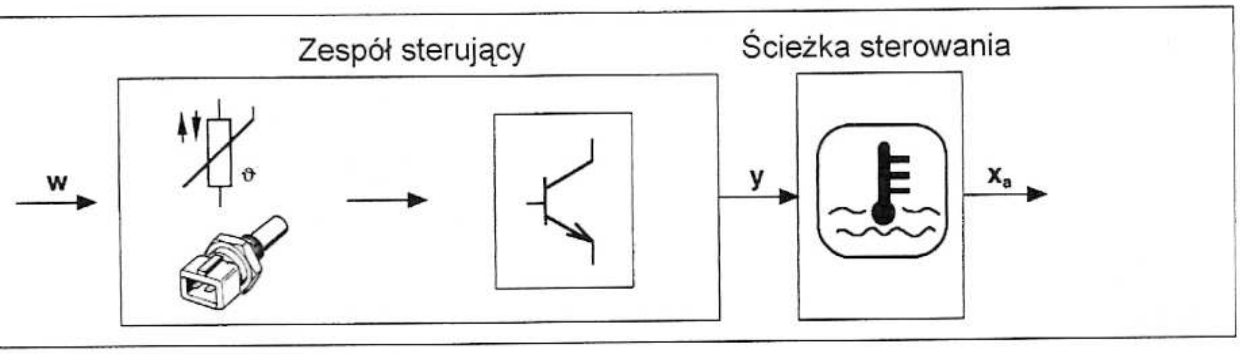
Podczas stopniowego nastawiania dmuchawy powietrza w kabinie zestyk spełnia dwie funkcje. Przez pokręcanie ustawia się nim stopień nadmuchu. Jednocześnie element ten przejmuje funkcję nastawnika, ponieważ musi ustawiać natężenie prądu doprowadzonego do silnika dmuchawy (rys. 9.8).



Rys. 9.8
Przykład sterowania binarnego: wielostopniowa dmuchawa powietrza w kabinie.
Wielkość prowadząca w – żądanie kierowcy ustawienia dmuchawy
Wielkość nastawcza y – prąd płynący przez silnik dmuchawy
Wielkość pożądana x_a – ilość wdmuchiwanego powietrza

Wskaźnik temperatury cieczy chłodzącej

Obok wskaźnika temperatury cieczy chłodzącej w wielu samochodach znajduje się dodatkowo lampka ostrzegawcza, sygnalizująca kierowcy nadmierny wzrost temperatury cieczy chłodzącej. W tym celu informacja z czujnika temperatury cieczy jest kierowana do elektronicznej jednostki przetwarzającej. Po przekroczeniu ustalonej wartości temperatury cieczy jest uruchamiany sygnał świetlny w znormalizowanej postaci (rys. 9.9).

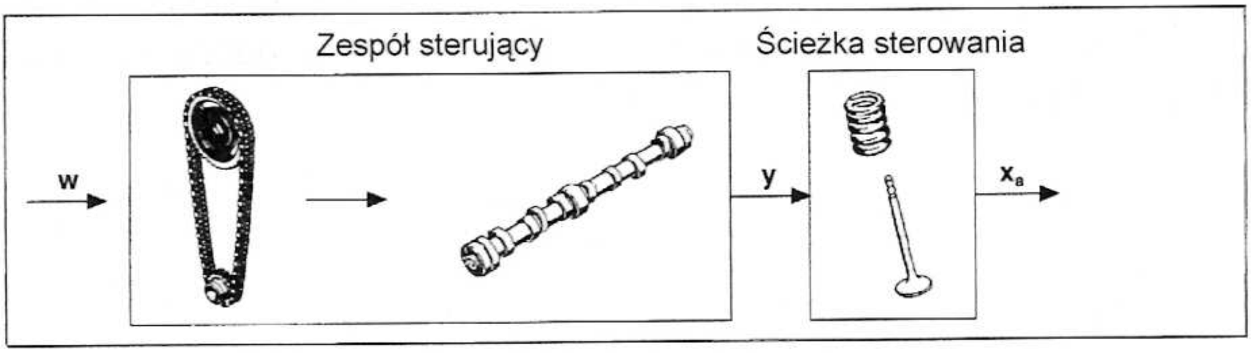


Rys. 9.9
Przykład sterowania binarnego: wskaźnik ostrzegawczy temperatury cieczy chłodzącej.
Wielkość prowadząca **w** *– temperatura cieczy chłodzącej*
Wielkość nastawcza **y** *– prąd płynący przez wskaźnik*
Wielkość pożądana x_a *– włączanie i wyłączanie wskaźnika ostrzegawczego*

9.2.6. Sterowanie analogowe

Sterowanie silnika

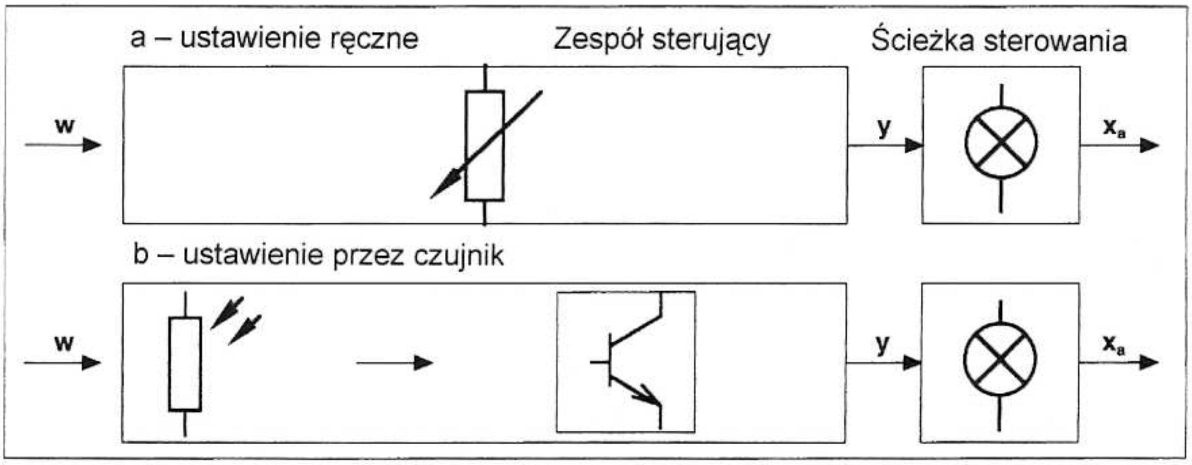
Układ sterowania silnika steruje otwieraniem i zamykaniem dopływu mieszanki paliwa i powietrza. Dokonuje się to za pomocą zaworów, które w z góry ustalonej chwili są otwierane przez wał rozrządu i ponownie zamykane siłą sprężyn. Współczesne samochody mają możliwość zmiany tych parametrów podczas pracy silnika i dopasowania ich do aktualnych potrzeb (rys. 9.10), tzw. zmienne fazy rozrządu.



Rys. 9.10
Przykład sterowania analogowego: sterowanie silnika
Wielkość prowadząca **w** *– położenie wału korbowego*
Wielkość nastawcza **y** *– wznios krzywki*
Wielkość pożądana x_a *– zmiana ilości mieszanki*

Sterowanie jasnością oświetlenia wskaźników

Ręczne ustawianie dopływu prądu do rezystora nastawczego zmienia intensywność oświetlenia zestawu wskaźników (rys. 9.11). Szybka zmiana warunków oświetlenia kabiny, np. przez uliczne latarnie, może doprowadzić do dekoncentracji uwagi kierowcy, gdyby miał nieustannie regulować oświetlenie wskaźników. Rozwiązaniem jest czujnik reagujący na światło. Rejestruje on natężenie światła w kabinie i dopasowuje intensywność oświetlenia wskaźników do aktualnych warunków.

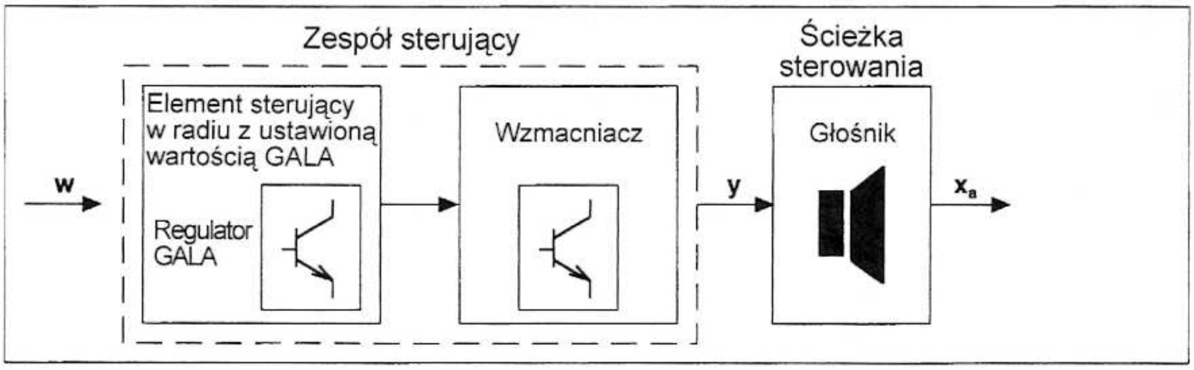


Rys. 9.11
Przykład sterowania analogowego: zmiana jasności oświetlenia wskaźników
Wielkość prowadząca **w**:
a) ustawianie jasności, b) światło padające na czujnik
Wielkość nastawcza **y** *– prąd płynący przez żarówki*
Wielkość pożądana x_a *– jasność oświetlenia wskaźników*

9.2.7. Sterowanie cyfrowe

Dopasowanie głośności radia do prędkości jazdy

Wraz ze wzrostem prędkości jazdy rośnie także poziom hałasu wewnątrz samochodu. W tradycyjnych radioodbiornikach poziom głośności musi być ustawiany ręcznie. W luksusowych odbiornikach samochodowych, np. oferowanych w sieci V.A.G., jest wbudowany system GALA (skrót od niemieckiej nazwy *Dopasowanie Głośności do Prędkości Jazdy)* automatycznie regulujący głośność odbiornika w zależności od prędkości samochodu (rys. 9.12).



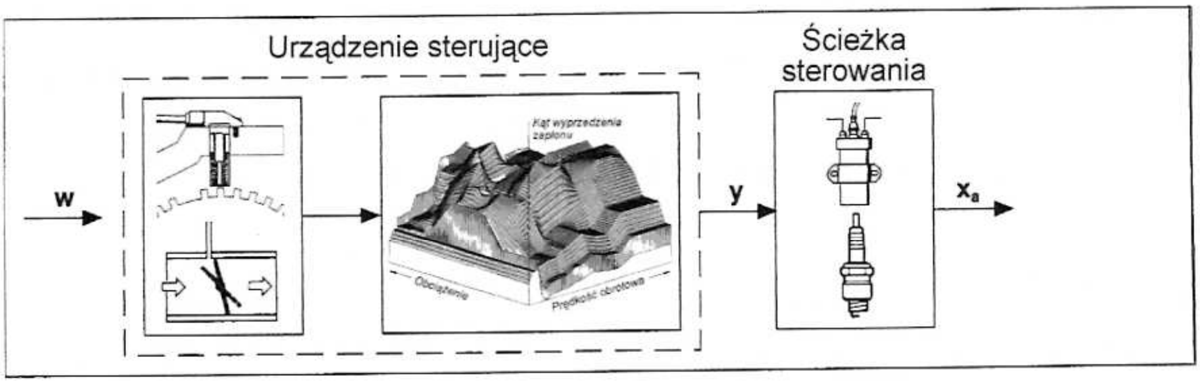
Rys. 9.12
Przykład sterowania cyfrowego: dopasowanie głośności radia do prędkości jazdy
Wielkość prowadząca **w** *– częstotliwość sygnałów czujnika prędkości*
Wielkość nastawcza **y** *– prąd płynący przez głośnik*
Wielkość pożądana x_a *– głośność*

Zapłon sterowany mapą zapłonu

Na podstawie dwóch zasadniczych informacji; prędkości obrotowej i obciążenia, mikrokomputer określa chwilę zapłonu pomiędzy sąsiednimi cyklami pracy. Informacje o wielkości prędkości obrotowej i kątowym położeniu wału korbowego są

zbierane na wale korbowym. Informacje o obciążeniu silnika są pozyskiwane z czujnika ciśnienia oraz z obwodu przygotowania mieszanki.

Na podstawie wprowadzonej do pamięci charakterystyki kąta wyprzedzenia zapłonu może być optymalnie określona chwila zapłonu dla każdego punktu pracy silnika bez zmiany ustawień kąta wyprzedzenia zapłonu w innych obszarach (rys. 9.13).

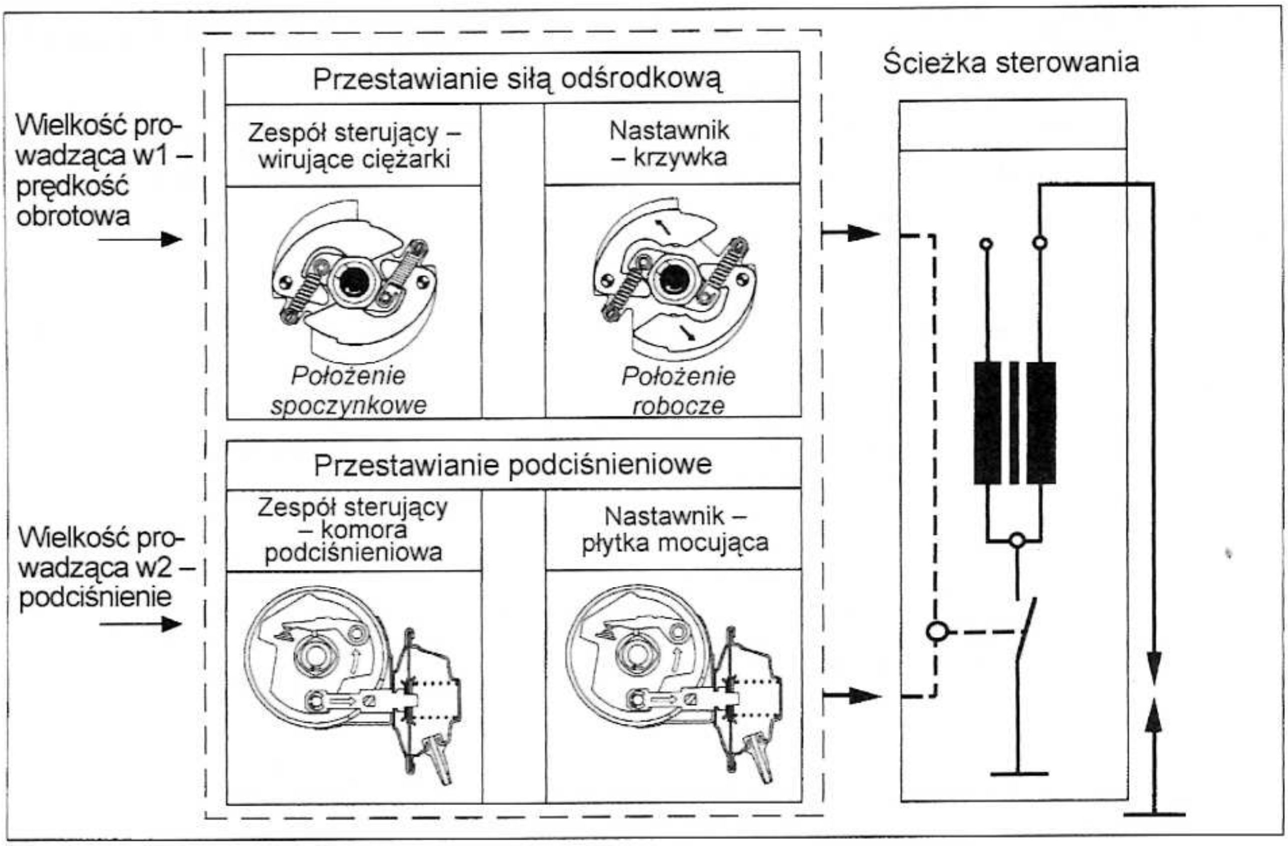


Rys. 9.13
Przykład sterowania cyfrowego: zapłon sterowany według mapy zapłonu
Wielkość prowadząca **w** *– prędkość jazdy albo prędkość obrotowa silnika i obciążenie*
Wielkość nastawcza **y** *– prąd pierwotny, wielkość pożądana* x_a *– iskra na świecy*

9.2.8. Rodzaje sterowania według rodzaju przetwarzania sygnału

Sterowanie powiązaniami – mechaniczne przestawianie chwili zapłonu

Sygnały wejściowe są tak powiązane, aby spowodować powstanie żądanych sygnałów wyjściowych (rys. 9.14).



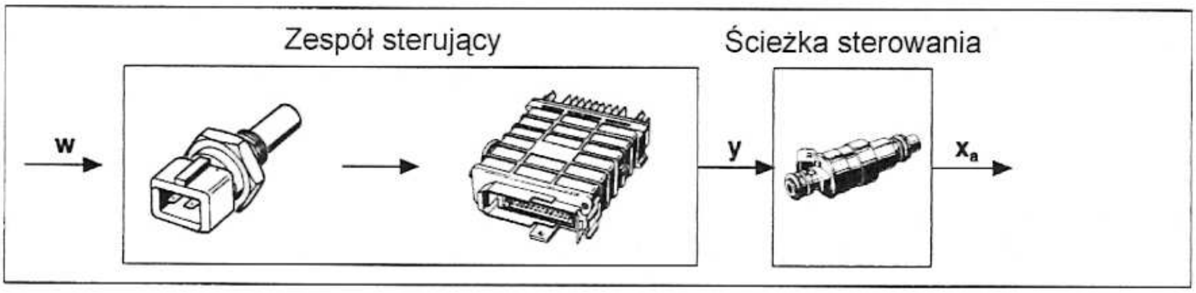
Rys. 9.14
Mechaniczne przestawianie chwili zapłonu

Przestawianie zapłonu powiązane z prędkością obrotową (czyli siłą odśrodkową) albo podciśnieniem (czyli obciążeniem) są ze sobą mechanicznie tak powiązanie, że się sumują (rys. 9.14).

Sterowanie procesami – sterowanie rozruchem zimnego silnika w układzie Motronic

Przebiegi sterowania są uruchamiane stopniowo, jeden za drugim.

Po co najwyżej 5 obrotach wału korbowego następuje wtrysk podstawowej ilości paliwa, która jest znacznie większa od normalnej dawki. Sterowana jest ona nie obciążeniem silnika, lecz temperaturą cieczy chłodzącej (rys. 9.15).



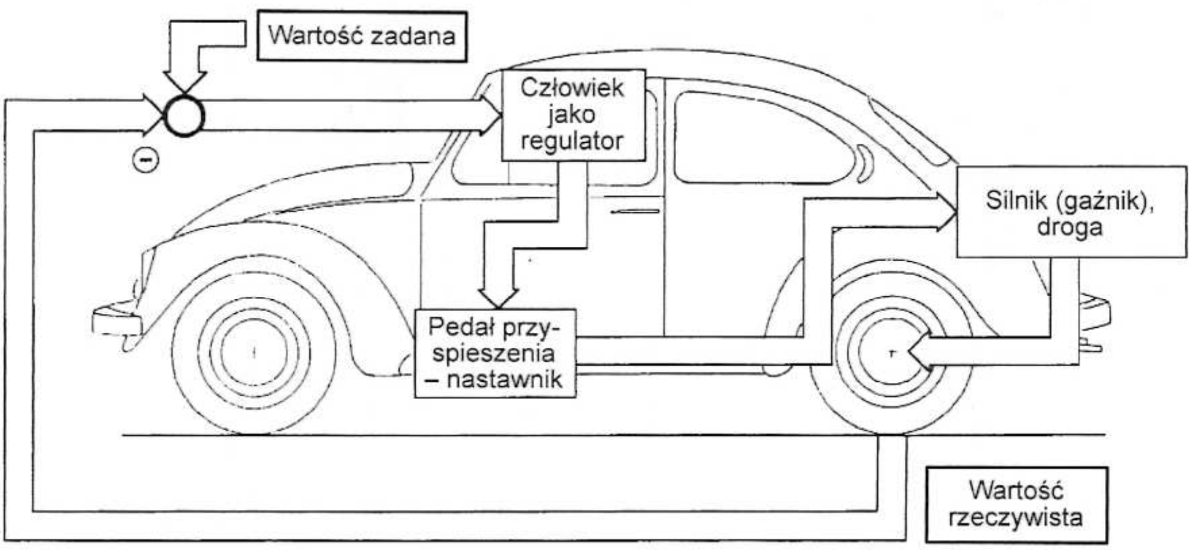
Rys. 9.15
Sterowanie zimnym rozruchem w układzie Motronic

9.3. Regulowanie

9.3.1. Człowiek, jako regulator w obwodzie regulacyjnym

Aby prędkość samochodu pozostawała na ustalonym, niezmiennym poziomie (tj. wartość zadana wielkości regulowanej), kierowca musi obserwować wskazania prędkościomierza, czyli wartości rzeczywiste (rys. 9.16).

W jego umyśle są porównywane dwie wartości – wartość zadana wielkości regulowanej (to jest oczekiwana prędkość) oraz wartość rzeczywista wielkości regulowanej (czyli aktualna prędkość samochodu).



Rys. 9.16
Człowiek jako regulator

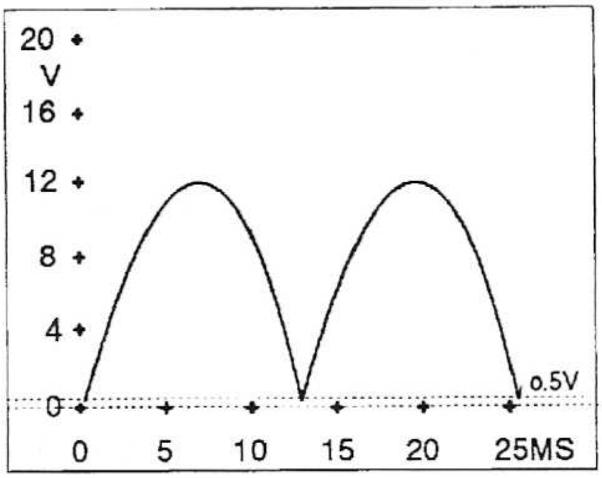
10.5. Impuls wyzwalający

10.5.1. Poziom impulsu wyzwalającego

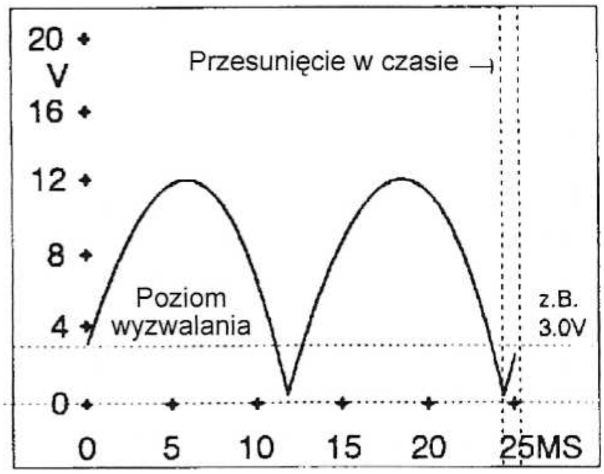
Poziom impulsu wyzwalającego określa próg napięcia, który musi być przekroczony, aby na ekranie testera ukazał się prawidłowy obraz sygnału.

Dzięki temu jest możliwe otrzymanie obrazu statycznego dla oka obserwatora. Jeżeli wielkość sygnału pomiarowego znajduje się powyżej albo poniżej wartości napięcia poziomu impulsu wyzwalającego, to nie jest wtedy możliwe otrzymanie nieruchomego obrazu (rysunki 10.11 do 10.14).

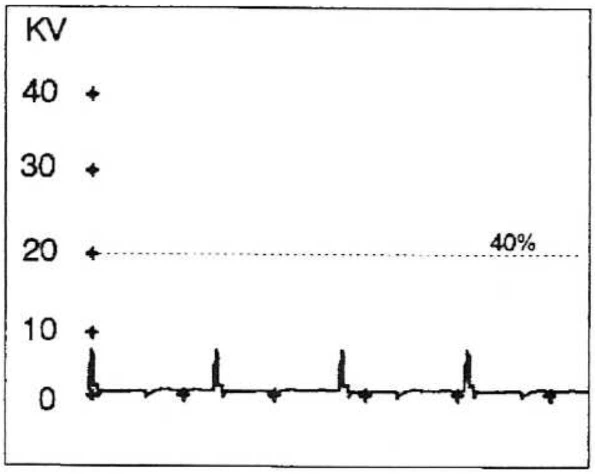
Poziom impulsu wyzwalającego należy tak wybrać, aby sygnał pomiarowy poziom ten przekraczał.



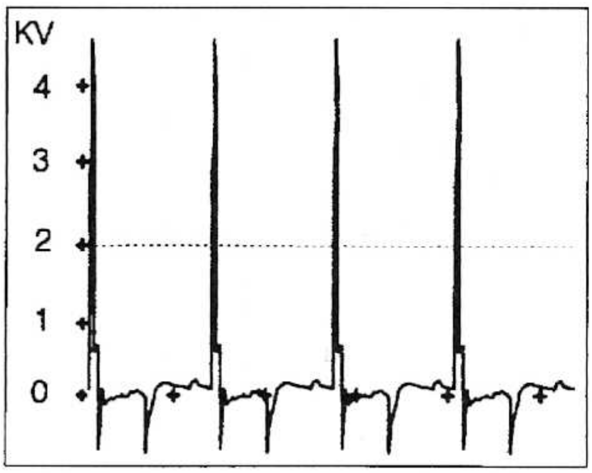
Rys. 10.11
Poziom wyzwalania wybrany prawidłowo: sygnał jest widoczny na ekranie od samego początku



Rys. 10.12
Wybrany za duży poziom wyzwalania – początek obrazu sygnału jest na ekranie przesunięty



Rys. 10.13
Wartość sygnału pomiarowego jest mniejsza niż poziom wyzwalania – obraz płynie po ekranie



Rys. 10.14
Wartość sygnału pomiarowego jest większa niż poziom wyzwalania – obraz na ekranie pozostaje nieruchomy



Rys. 9.17
Zasady regulacji

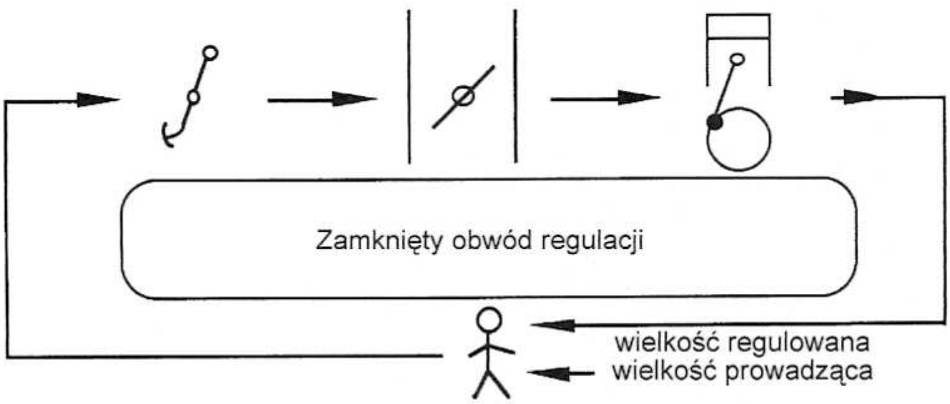
Jeżeli obie te prędkości są takie same, człowiek nie musi ingerować w obwód regulacyjny. Kiedy jednak na skutek jazdy pod górę prędkość spadnie, wówczas wartość rzeczywista wielkości regulowanej jest różna od wartości zadanej. Odpowiednio do różnicy regulacji umysł kierowcy nakazuje użycie pedału przyspieszenia. Poprzez nastawnik zmieniona zostaje doprowadzana do silnika ilość mieszanki (ścieżka regulacji, rys. 9.17). Wzrasta prędkość obrotowa silnika, dopóki nie zostanie osiągnięta wartość zadana (oczekiwana prędkość jazdy). Jeżeli dodatkowo wystąpią wielkości zakłócające (przeciwny wiatr, wzniesienia, zmiana nawierzchni drogi itp.) przebieg regulacji musi zostać powtórzony. Naturalnie „doregulowanie" może mieć miejsce tylko w granicach obszaru regulacji samochodu. Jeżeli np. wzniesienie jest zbyt duże, nie będzie możliwe utrzymanie oczekiwanej prędkości. Wystąpi wówczas trwała różnica regulacji.

9.3.2. Definicja regulacji

Regulacja jest procesem, podczas którego wielkość regulowana jest na bieżąco mierzona i porównywana z inną wielkością, będącą wielkością zadaną.

Regulacja bez sprzężenia zwrotnego

Na rysunku 9.18 przedstawiono człowieka jako regulatora prędkości jazdy, bądź prędkości obrotowej silnika.

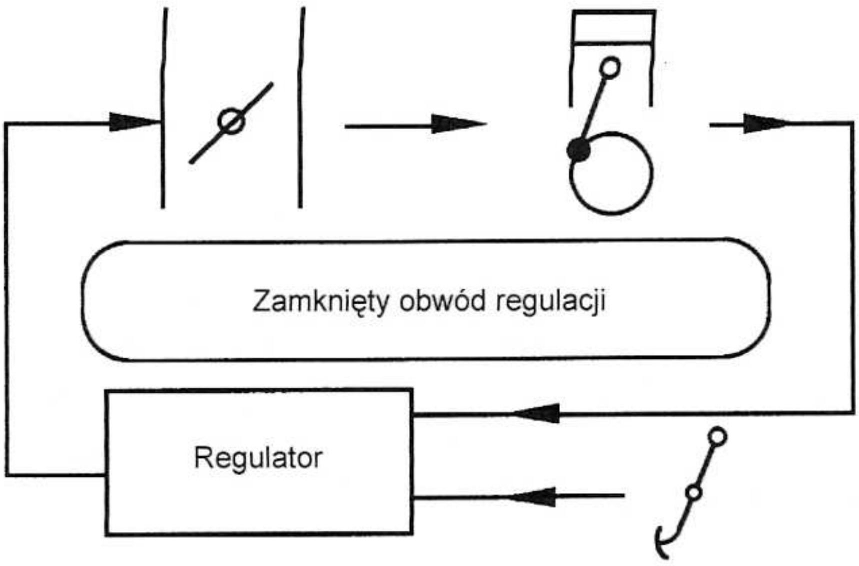


Rys. 9.18
Ponieważ sprzężenie zwrotne nie następuje automatycznie, lecz poprzez człowieka, mówimy o regulacji z niesamoczynnym sprzężeniem zwrotnym

Regulowanie polega na nieustannym porównywaniu wartości zadanej z rzeczywistą w zamkniętym obwodzie regulacji.

Regulacja automatyczna

Tempomat – raz zadana prędkość zostaje utrzymana (rys. 9.19).



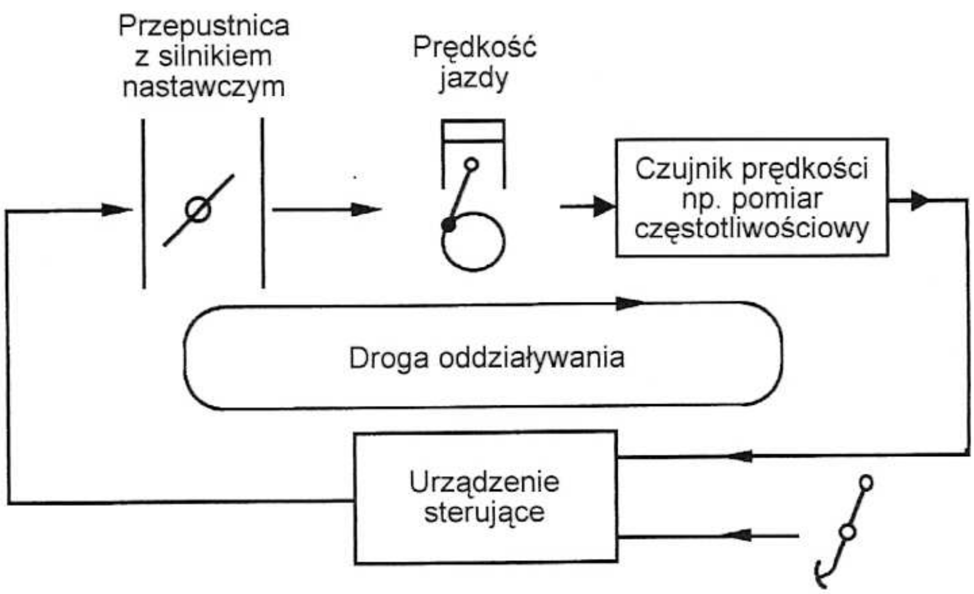
Rys. 9.19
Zadaniem automatycznej regulacji jest ograniczenie udziału człowieka w obwodzie regulacji, będącego niesamoczynnym sprzężeniem zwrotnym

Podstawowy proces regulacji

Ustalenie wartości rzeczywistej	→	Pomiar ↓
Wartość rzeczywista musi być porównana z wartością zadaną	→	Porównanie ↓
Różnice pomiędzy wartościami rzeczywistą i zadaną muszą zostać zlikwidowane	→	Wyrównanie

9.3.3. Schemat blokowy obwodu regulacji

Podobnie jak w technice sterowania używa się i tutaj schematów blokowych w celu przejrzystego przedstawienia obwodu regulacji.



Rys. 9.20
Regulacja prędkości jazdy (tempomat)

W nowoczesnych testerach można dowolnie wybierać poziom impulsu wyzwalającego. W niektórych (starszych) testerach poziom impulsu wyzwalającego jest ustawiony na 40% wybranej skali napięcia (np. SUN MEA 1500) albo sygnał może zostać wyzwolony tylko przez impuls z zacisku 1 (np. Bosch MOT 201, MOT 400).

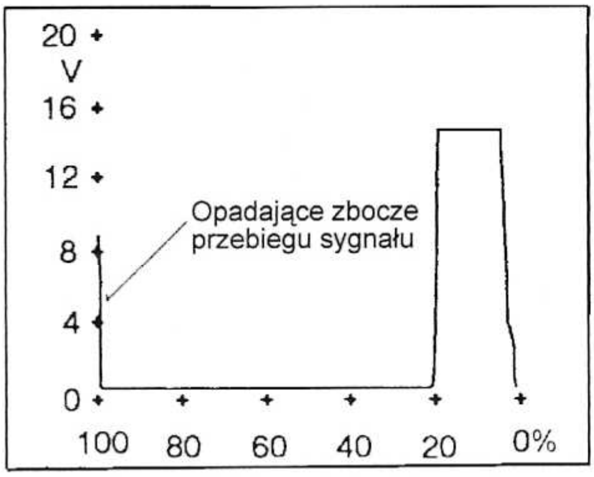
10.5.2. Zbocze impulsu wyzwalającego

Do przerzucania sygnału może być użyte albo dodatnie (czołowe) albo ujemne (tylne) zbocze przebiegu sygnału pomiarowego. Właściwy wybór zbocza wyznacza początek sygnału pomiarowego na ekranie. Wybór ten jest pomocny, jeżeli pracujemy ze skalą 100%, bo wtedy punkt zerowy znajduje się po prawej stronie ekranu. Możemy chcieć uzyskać na ekranie obraz zaczynający się od niskiego poziomu sygnału i wyrównany do prawej strony w celu np. odczytania współczynnika trwania impulsu (rysunki 10.15 i 10.16).

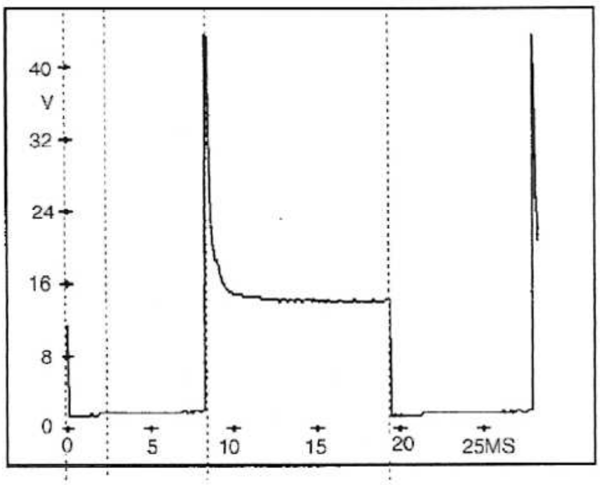
Skala czasu zaczyna się na ekranie od jego lewej strony. Dlatego chcemy mieć obraz rozpoczynający się od niskiego poziomu sygnału i wyrównany do lewej strony ekranu (rys. 10.17). W tym celu należy wybrać zbocze tylne (ujemne).



Rys. 10.15
Oscyloskop ustawiony na narastające zbocze sygnału pomiarowego – dobra czytelność współczynnika trwania impulsu



Rys. 10.16
Oscyloskop ustawiony na opadające zbocze sygnału pomiarowego – niedobra czytelność współczynnika trwania impulsu



Rys. 10.17
Ustawienie na opadające zbocze sygnału pomiarowego – dobra czytelność czasu włączenia (tutaj czas wtrysku)

Na przykładzie tempomatu pokażemy przejście od sposobu przedstawiania, zorientowanego na elementy obwodu (rys. 9.20) do ogólnie przyjętego sposobu prezentacji.

9.3.4. Części składowe układu regulacji

Regulator

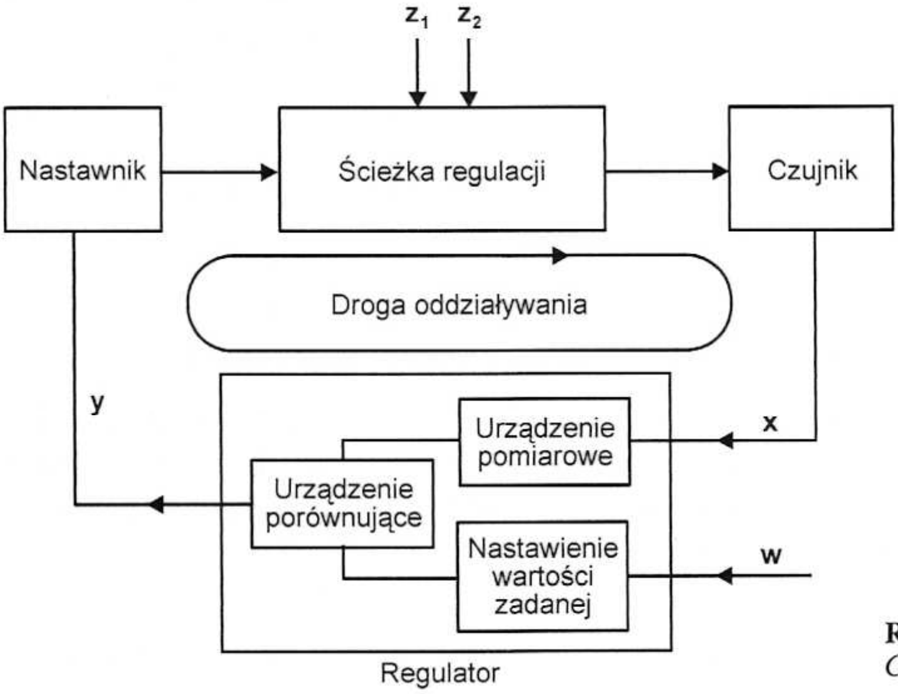
- Urządzenie pomiarowe
  Nieustanne rejestrowanie, najczęściej za pomocą czujnika, wartości rzeczywistej.
- Ustawianie wartości zadanej
  Ustawianie pożądanej wartości wielkości regulowanej. Może to być wartość stała (prądnica prądu przemiennego, regulacja lambda) albo zmienna (regulacja świateł drogowych).
- Urządzenie porównujące
  Porównanie wartości rzeczywistych z zadanymi i sterowanie nastawnikiem, ewentualnie za pośrednictwem wzmacniacza.

Czujnik

Podczas porównania wartości rzeczywistej z zadaną można ustalić różnicę tylko wtedy, gdy są to takie same wielkości fizyczne. W tym celu często stosuje się czujniki.

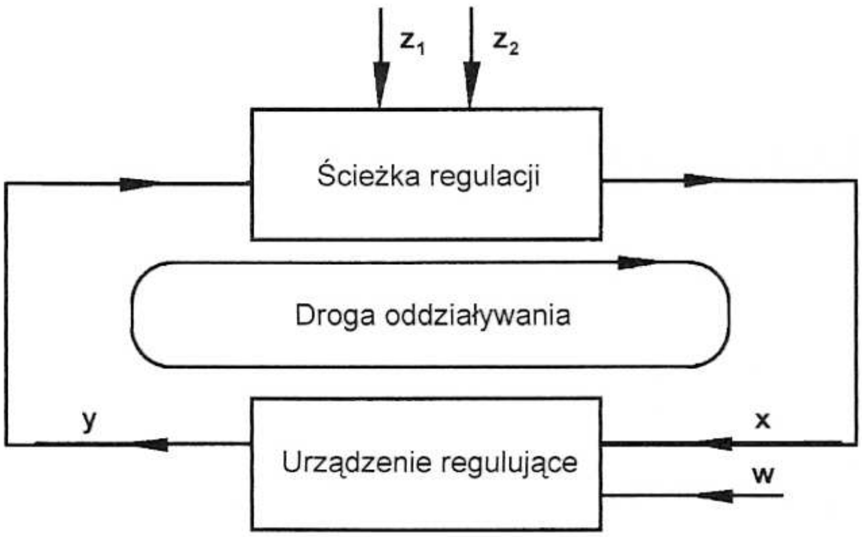
Nastawnik

Nastawnik przetwarza sygnał wyjściowy regulatora na odpowiednią wielkość.



Rys. 9.21
Części składowe układu regulacji

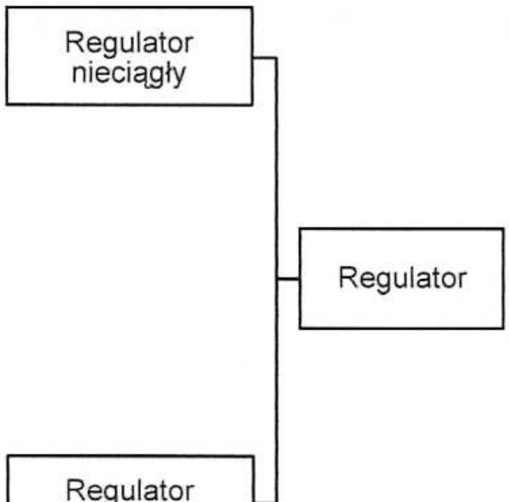
9.3.5. Obwód regulacji



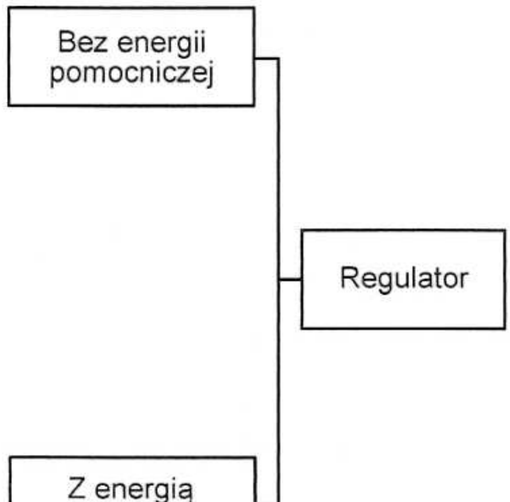
Rys. 9.22
Wielkość regulowana x – wartość rzeczywista
Wielkość prowadząca w – wartość zadana
Różnica regulacji e = x – w
Wielkość nastawcza y
Wielkość zakłócająca z

9.3.6. Rodzaje regulatorów

W nieciągłych układach regulacji wielkość nastawcza ma tylko dwie albo trzy stałe wartości. Regulacja dwupunktowa ma dwie stałe wartości, a trzypunktowa – trzy wartości. Zmiany różnic regulacji niekoniecznie muszą powodować zmianę wielkości nastawczej (rysunki 9.23 i 9.24).



Rys. 9.23



Rys. 9.24

Przykłady
Elektryczny wentylator chłodnicy, regulator prądnicy.

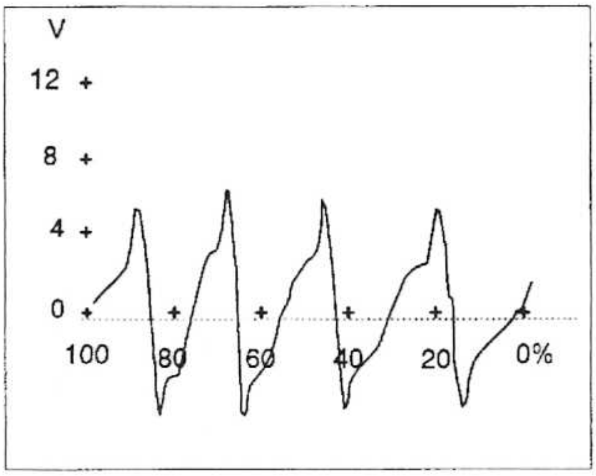
W ciągłych układach regulacji wielkość nastawcza *y* może przyjmować dowolną wartość w granicach ustalonego przedziału wielkości nastawczych. W przeciwieństwie do nieciągłych układów regulacyjnych, w układach ciągłych każda zmiana różnicy *e* skutkuje zmianą wielkości nastawczej *y*.

Przykłady
Automatyczna klimatyzacja, termostat do regulacji temperatury cieczy chłodzącej.

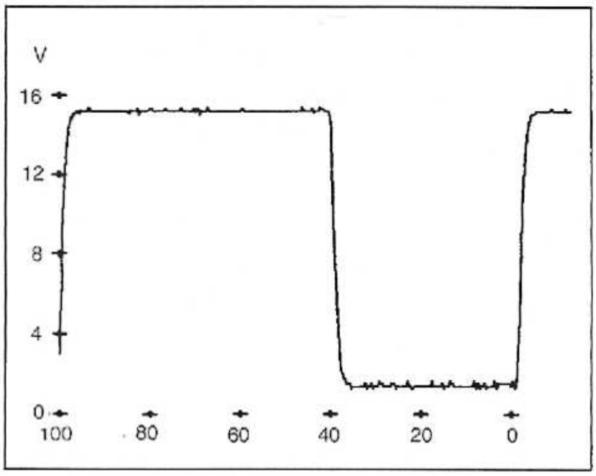
Przy skali 100% impuls wyzwalający ustawia się na czołowe (dodatnie) zbocze przebiegu sygnału, a przy obrazach w funkcji czasu na tylne (ujemne).

10.6. Obrazy typowych sygnałów z czujników

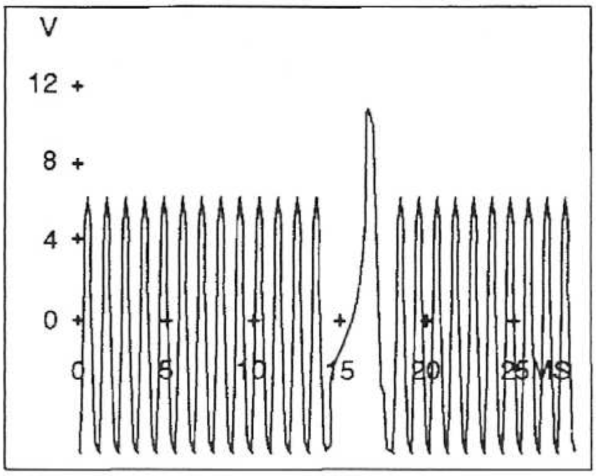
Obrazy **sygnałów czujników** przedstawiono na rysunkach 10.18 do 10.20. Na rysunkach 10.21 do 10.24 uwidoczniono obrazy sygnałów nastawników.



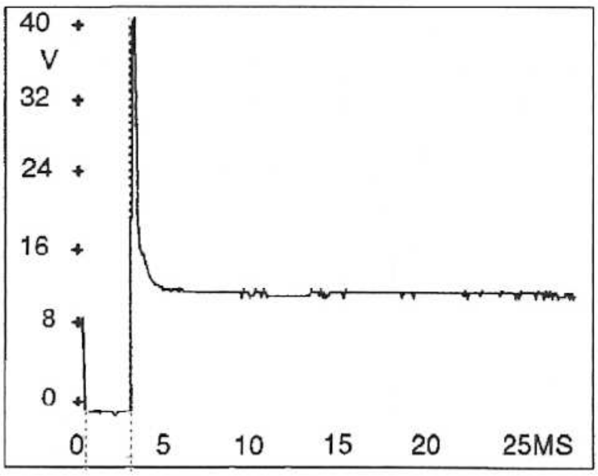
Rys. 10.18
Sygnał indukcyjnego czujnika rozdzielacza zapłonu



Rys. 10.19
Sygnał czujnika Halla rozdzielacza zapłonu



Rys. 10.20
Sygnał czujnika prędkości obrotowej i położenia wału korbowego



Rys. 10.21
Czas otwarcia zaworu wtryskiwacza; wtrysk wielopunktowy. Czas wtrysku t_i (zawór wtryskiwacza otwarty) zwiększa się wraz z obciążeniem; silnik na biegu jałowym

W niektórych regulatorach energia urządzenia porównującego wystarcza do bezpośredniego uruchomienia nastawnika. Mówimy wtedy o regulatorach bez energii zewnętrznej.

Przykład
Zestyk bimetalowy jako włącznik elektrycznego wentylatora chłodnicy.

Jeżeli energia w urządzeniu porównującym nie wystarcza do bezpośredniego uruchomienia nastawnika, wówczas mówimy o regulatorze z energią zewnętrzną. W takim przypadku pomiędzy tym urządzeniem a nastawnikiem jest konieczne umieszczenie wzmacniacza.

Przykład
Regulacja lambda układu tworzenia mieszanki.

9.3.7. Stany przejściowe

Reakcje regulatora na odchyłki regulacji nazywamy stanem przejściowym regulatora.

Stanem przejściowym jest nazywany przebieg wielkości nastawczej regulatora w czasie po wystąpieniu odchyłki regulacji.

Przykład
Regulacja lambda.

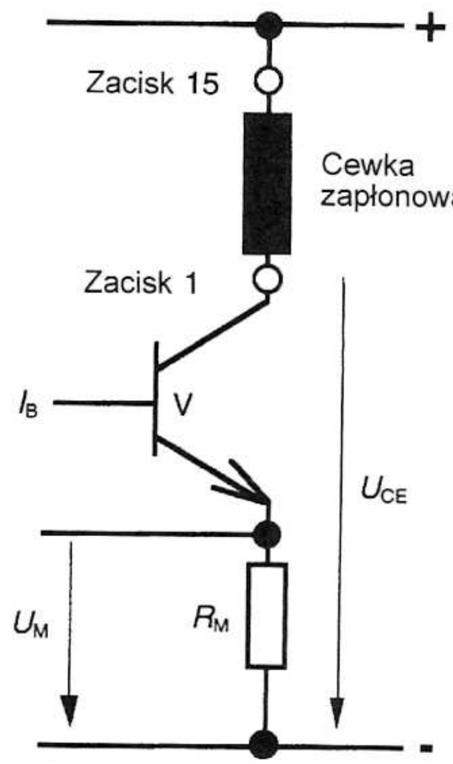
Sonda lambda wysyła sygnał w postaci skokowej zmiany napięcia (wielkość regulowana x) odpowiednio do zmieniającego się składu mieszanki. Przez to zmienia się także skokowo odchyłka regulacji e, ponieważ wielkość w jest zadana i jest to stała wartość napięcia odniesienia (ok. 0,5 V). Czas wtrysku (wielkość nastawcza y) nie zmienia się jednak skokowo, lecz jest równomiernie skracany albo wydłużany, dopóki występuje odchyłka regulacji. Stan przejściowy regulacji lambda jest więc określony w ten sposób, że po skokowej zmianie sygnału wejściowego (odchyłka regulacji e) następuje wolna, ciągła zmiana sygnału wyjściowego (wielkość nastawcza y).

9.3.8. Regulacja prądu

Ponieważ w obwodzie prądu pierwotnego współczesnych układów zapłonowych nie ma już wstępnych rezystorów, stopień końcowy musi – w przeciwieństwie do starszych układów – dodatkowo przejąć zadanie ograniczenia prądu. Dzięki temu mogą być używane cewki zapłonowe z uzwojeniem pierwotnym o małej rezystancji (rysunki 9.25 do 9.27).

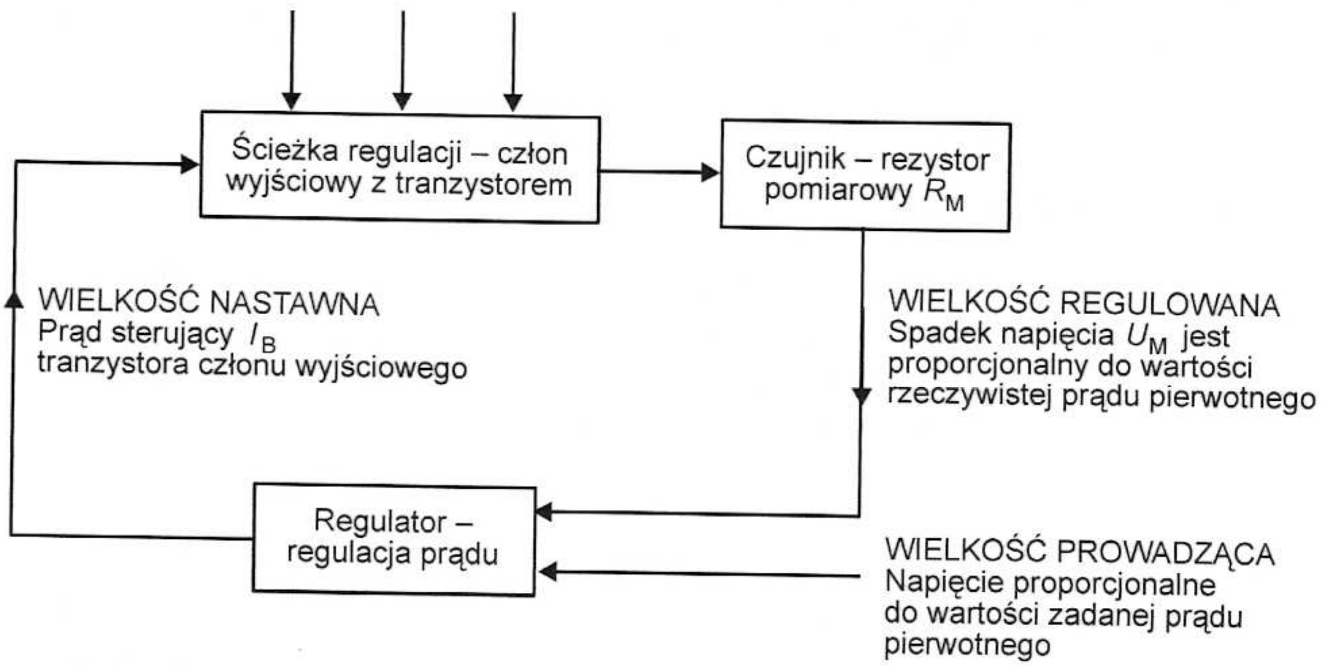
Funkcje

Wartość zadana prądu pierwotnego jest ustalana przez kompensację w sterowniku. Stopień wzbudzenia na początku czasu zwarcia za pomocą prądu bazy I_B włącza człon wyjściowy zawierający tranzystor V. Na cewce zapłonowej występuje

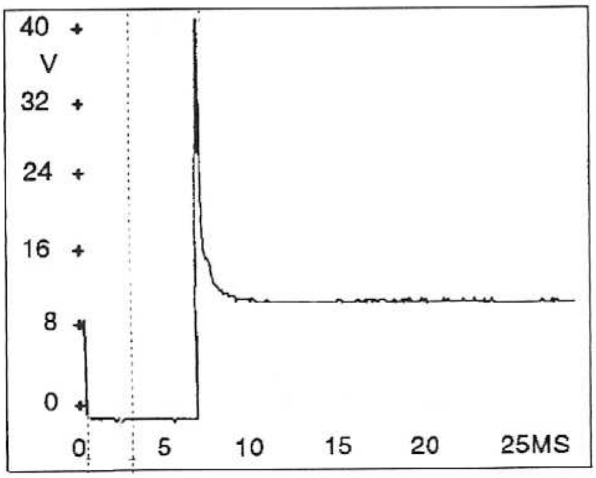


Rys. 9.25
Uproszczone przedstawienie ograniczania prądu

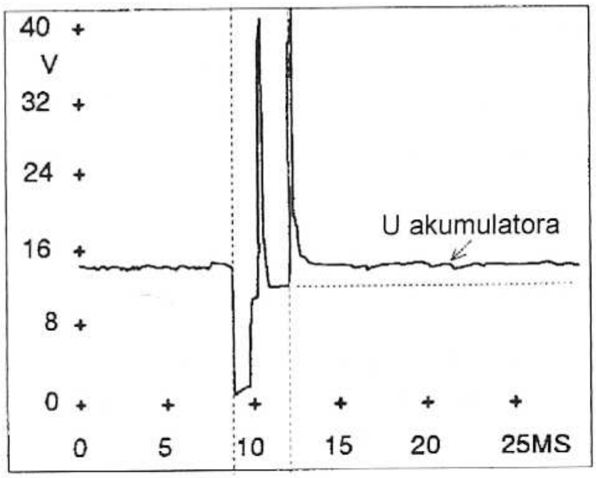
napięcie akumulatora zmniejszone o napięcie szczątkowe tranzystora V i (małego) rezystora pomiarowego R_M. Spadek napięcia U_M na rezystorze pomiarowym R_M jest proporcjonalny do płynącego prądu pierwotnego. Ten spadek napięcia rozpoznaje ogranicznik prądu i porównuje go z wartością zadaną. Jeżeli prąd pierwotny jeszcze przed upływem czasu zwarcia osiągnie swoją dopuszczalną wartość, a tym samym określony spadek napięcia na rezystorze pomiarowym R_M, wówczas uaktywnia się ogranicznik prądu. Stopień końcowy nie jest już całkowicie aktywny, ale otwarty na tyle, aby na cewce zapłonowej wytworzyło się takie napięcie, które umożliwi przepływ dopuszczalnego prądu pierwotnego. Spadek napięcia U_{CE} na członie wyjściowym może zatem przyjmować różne wartości. W czasie ograniczenia prądu może ono wynieść od 6 do 8 V.



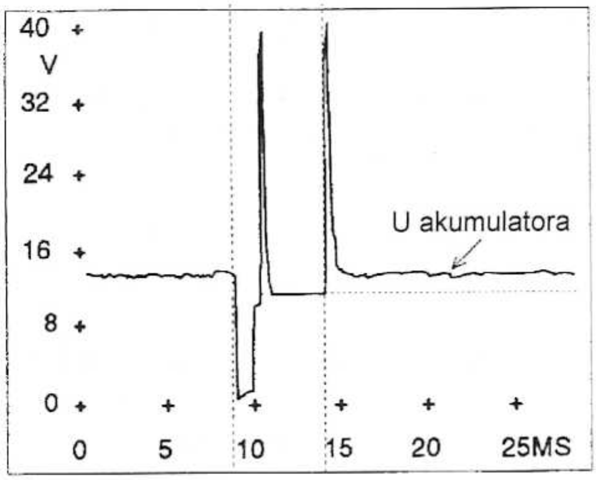
Rys. 9.26
Regulacja prądu pierwotnego



Rys. 10.22
Silnik pod obciążeniem (pozostałe parametry wg rys. 10.21)



Rys. 10.23
Czas otwarcia zaworu wtryskiwacza; wtrysk centralny. Czas wtrysku t_i (wtryskiwacz otwarty) zwiększa się wraz z obciążeniem; silnik na biegu jałowym



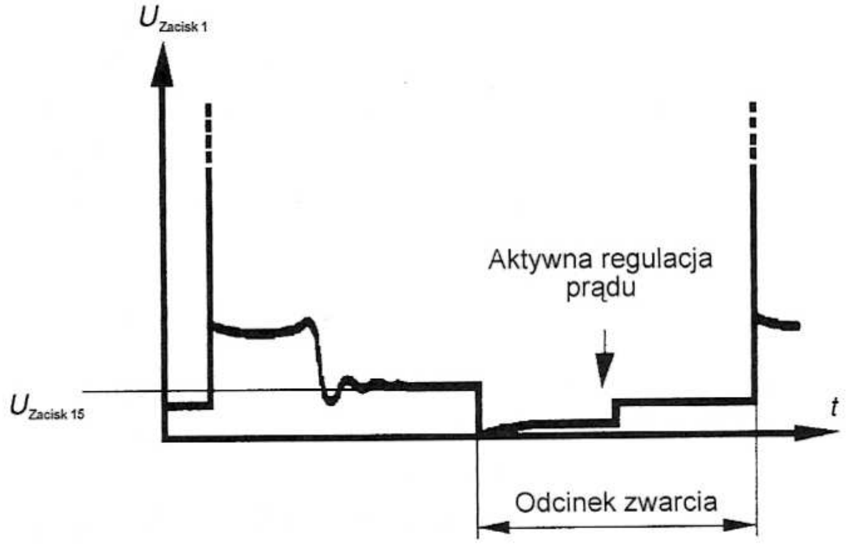
Rys. 10.24
Silnik pod obciążeniem (pozostałe parametry wg rys. 10.23)

10.7. Sprawdzanie prądnicy

10.7.1. Sygnały harmoniczne

Oprócz typowych pomiarów prądu i napięcia prądnicy współczesne testery silnikowe, wykorzystując wejście dla sygnałów specjalnych, w ramach specjalnego programu testowania prądnicy są w stanie zmierzyć i pokazać na obrazie oscyloskopu także wartość prądu ładowania. Dzięki temu jest możliwe wykrycie usterek diod wzbudzenie i diod obciążenia w prądnicy zamontowanej w samochodzie. Unika się konieczności jej wymontowania i umieszczania na specjalnym stanowiska do sprawdzania prądnic.

Napięcie fazowe (rys. 10.25) jest napięciem wytwarzanym w prądnicy przez trzy uzwojenia, przesunięte względem siebie o 120°. To przemienne napięcie jest prostowane przez 6 diod prostowniczych na prawie stałe napięcie prądnicy. Pozostaje przy tym jednak niewielki udział napięcia przemiennego, w postaci tak zwanych fal harmonicznych.

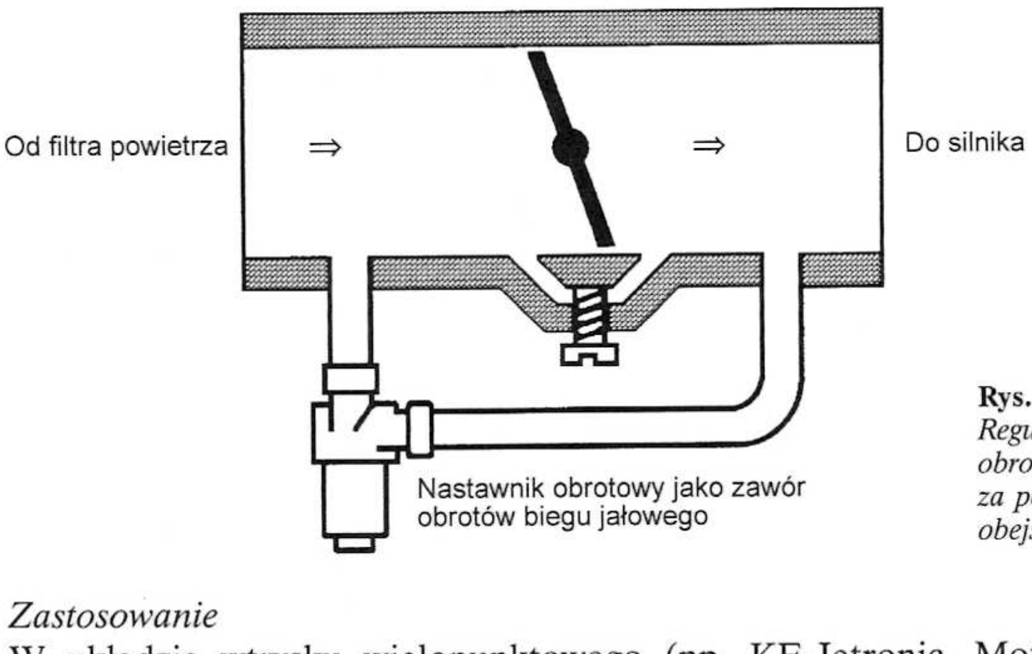


Rys. 9.27
Przebieg wartości napięcia prądu pierwotnego zapłonu z widoczną regulacją

9.3.9. Regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego

Zasada A

Sterowany elektrycznie zawór dopuszcza na biegu jałowym do mniejszego lub większego przepływu powietrza bocznikowego w przewodzie obejściowym przepustnicy, regulując tym samym wielkość prędkości obrotowej silnika na biegu jałowym (rys. 9.28).



Rys. 9.28
Regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego za pomocą przewodu obejściowego przepustnicy

Zastosowanie
W układzie wtrysku wielopunktowego (np. KE-Jetronic, Motronic) regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego jest przeważnie zintegrowana z urządzeniem sterującym tworzeniem mieszanki.

Funkcja nastawnika obrotowego
Nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego jest elektrycznym jednouzwojeniowym nastawnikiem obrotowym (silnik nastawczy). Ma on jedno uzwojenie, które przesuwa obrotowy suwak w kierunku większego uchylenia przesłony. Uzwojenie

to przezwycięża opór sprężyny, która przemieszcza suwak w kierunku zamykania przesłony. Przy zdefiniowanym współczynniku trwania impulsu sterującego jest przyjmowane określone położenie kątowe przesłony, co powoduje ustalenie odpowiedniego przekroju przepływu w przewodzie obejściowym przepustnicy. W ten sposób jest możliwe utrzymanie zadanej prędkości obrotowej biegu jałowego, niezależnie od warunków obciążenia.

Działanie

- ❑ Prędkość obrotowa biegu jałowego jest mniejsza niż wartość zadana (rys. 9.29a)
  Urządzenie sterujące otrzymuje informację, że rzeczywista prędkość obrotowa jest mniejsza od prędkości zadanej

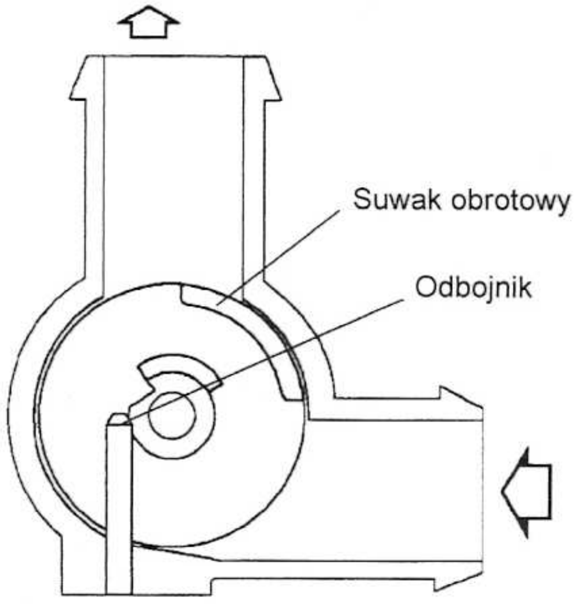
⇓

- ❑ Zostaje zwiększony współczynnik trwania impulsu, będący podstawową wielkością sterowania cewki.



⇓

Kotwica obraca się w prawo.



Rys. 9.29a

⇓

Przepływ powietrza się zwiększa.

⇓

a – prędkość obrotowa biegu jałowego się zwiększa.

- ❑ Prędkość obrotowa biegu jałowego jest większa niż wartość zadana (rys. 9.29b).
  Po odłączeniu odbiornika prędkość obrotowa biegu jałowego przekracza zadaną wartość.

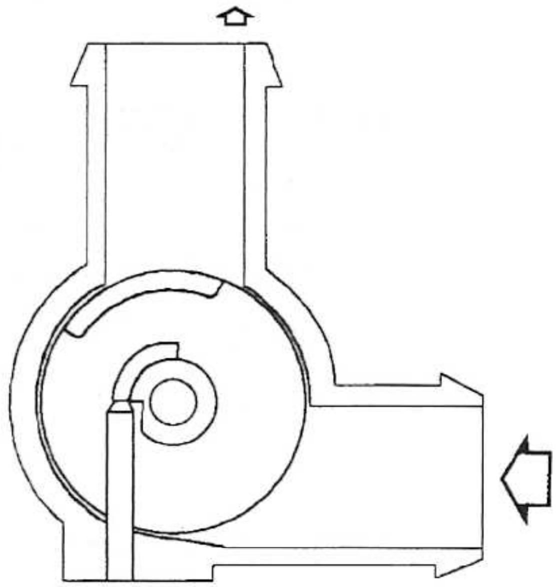
⇓

- ❑ Współczynnik trwania impulsu sterowania cewki zostaje zmniejszony.



⇓

Kotwica obraca się w lewo.



Rys. 9.29b

⇓

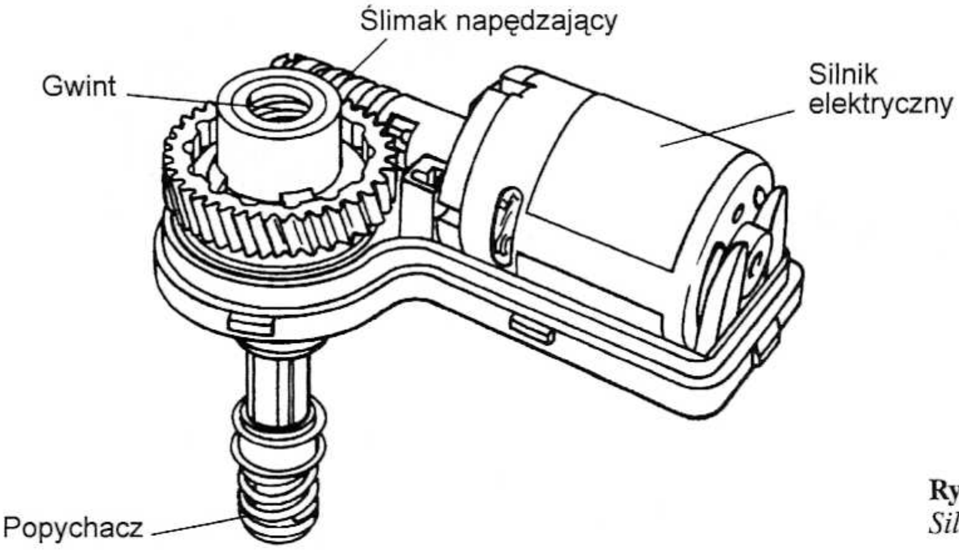
Przepływ powietrza się zmniejsza.

⇓

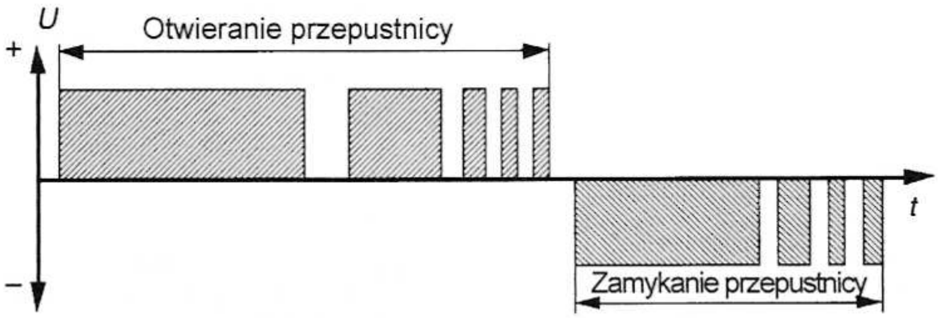
b – prędkość obrotowa biegu jałowego się zmniejsza.

Zasada B

Prędkość obrotowa biegu jałowego jest regulowana uchyleniem przepustnicy. Zmiana położenia przepustnicy jest dokonywana za pomocą silnika nastawczego (rys. 9.30), uruchamianego przez urządzenie sterujące. Potencjometr przepustnicy rejestruje jej nowe położenie i wysyła informację do urządzenia sterującego. W ten sposób jest możliwe precyzyjne ustawienie wymaganej prędkości obrotowej (rys. 9.31).



Rys. 9.30
Silnik nastawczy przepustnicy



Rys. 9.31
Taktowanie napięcia nastawnika przepustnicy

Zastosowanie

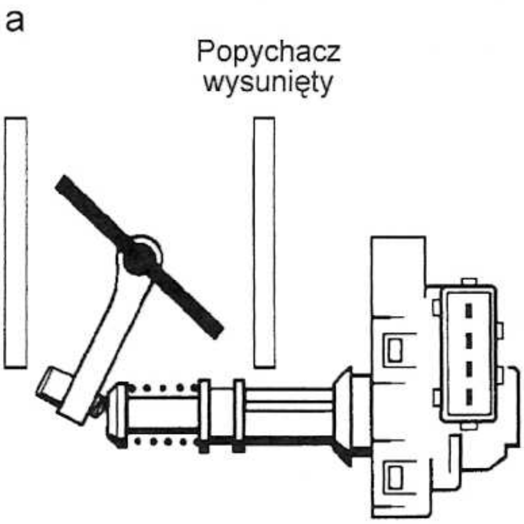
Jednopunktowe układy wtryskowe, np. Mono-Jetronic.

Sterowanie

Nastawnik przepustnicy jest uruchamiany taktowanymi impulsami napięcia, o czasie trwania od 100 ms do nieskończoności (napięcie stałe), w zależności od żądanego kąta ustawienia przepustnicy. Odwrócenie kierunku ruchu odbywa się dzięki zmianie polaryzacji sterowania.

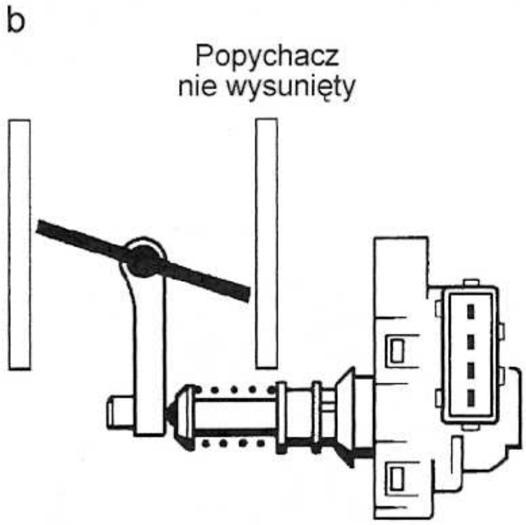
Sposób działania

- ❑ Prędkość obrotowa biegu jałowego jest mniejsza od zadanej prędkości obrotowej (rys. 9.32a)

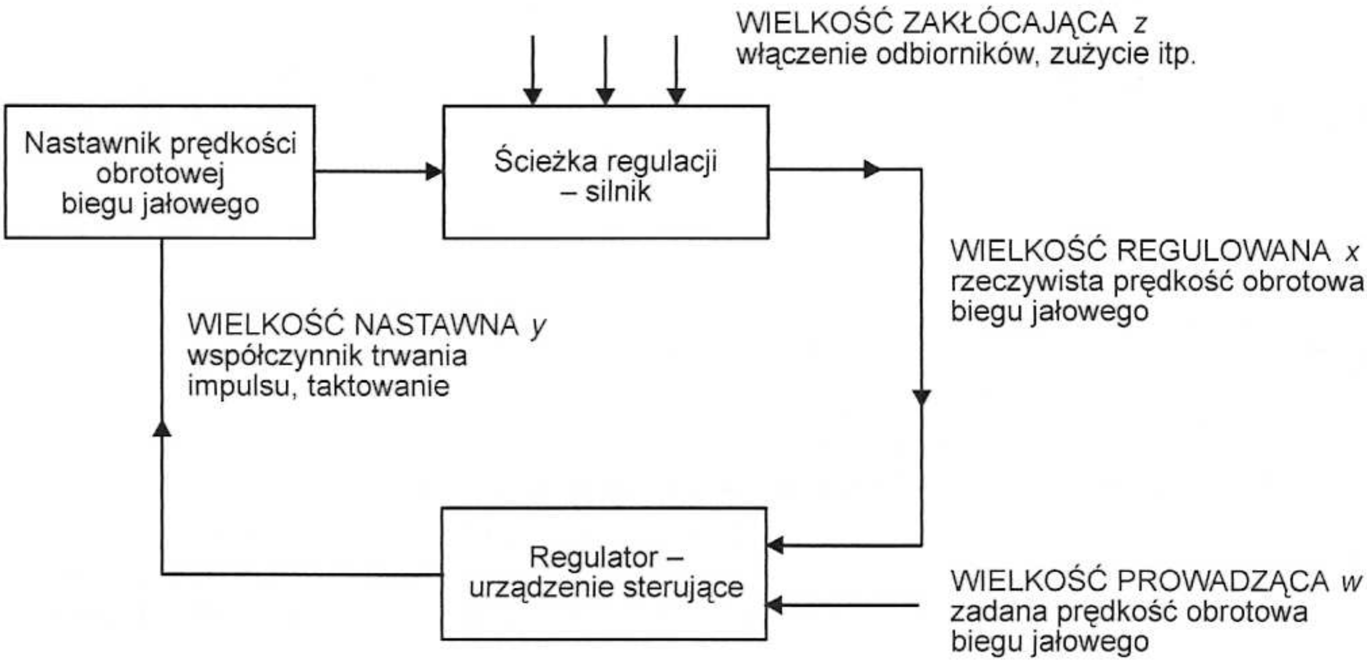


Rys. 9.32a

- ❑ Prędkość obrotowa biegu jałowego jest większa od zadanej prędkości obrotowej (rys. 9.32b)



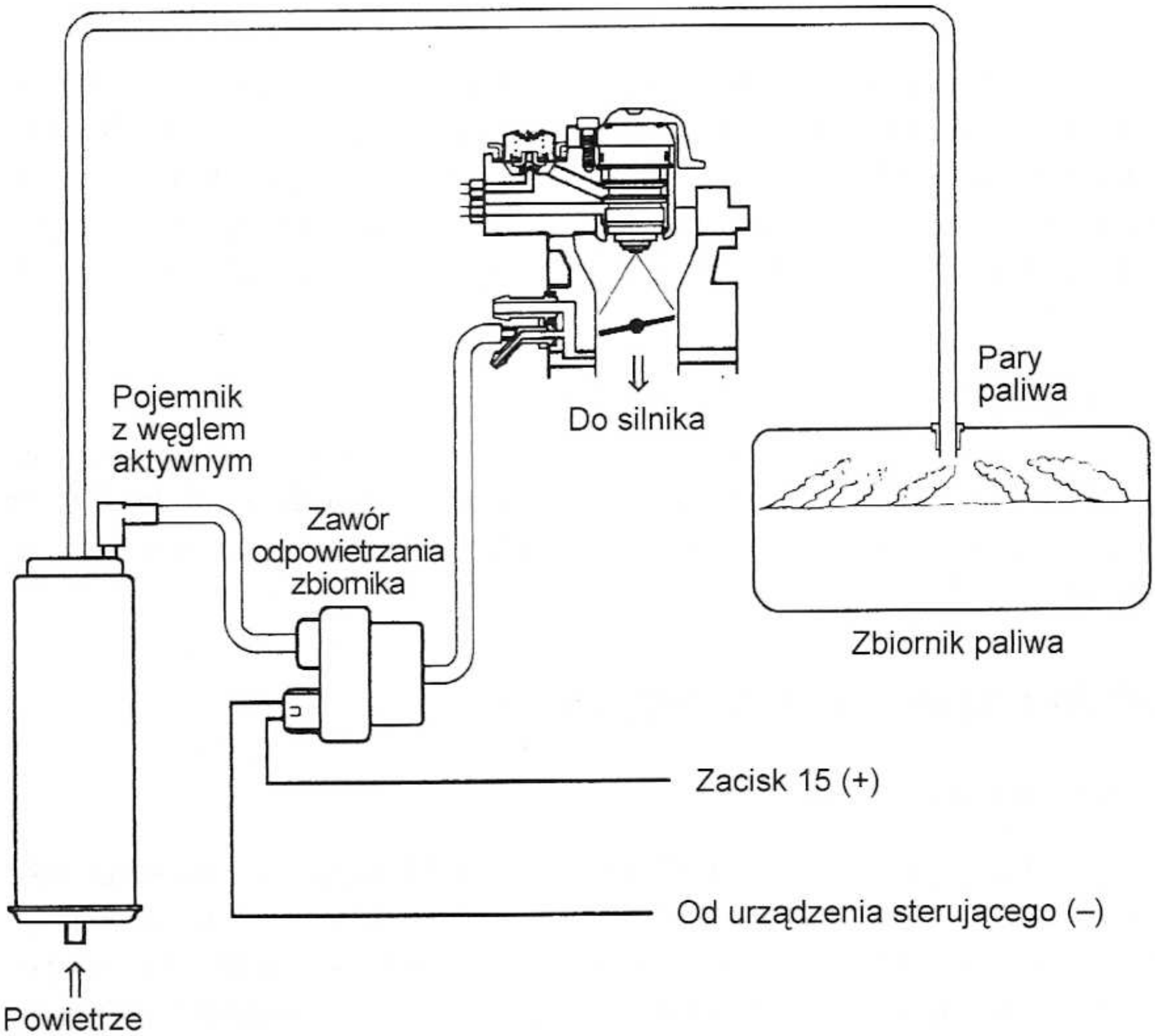
Rys. 9.32b



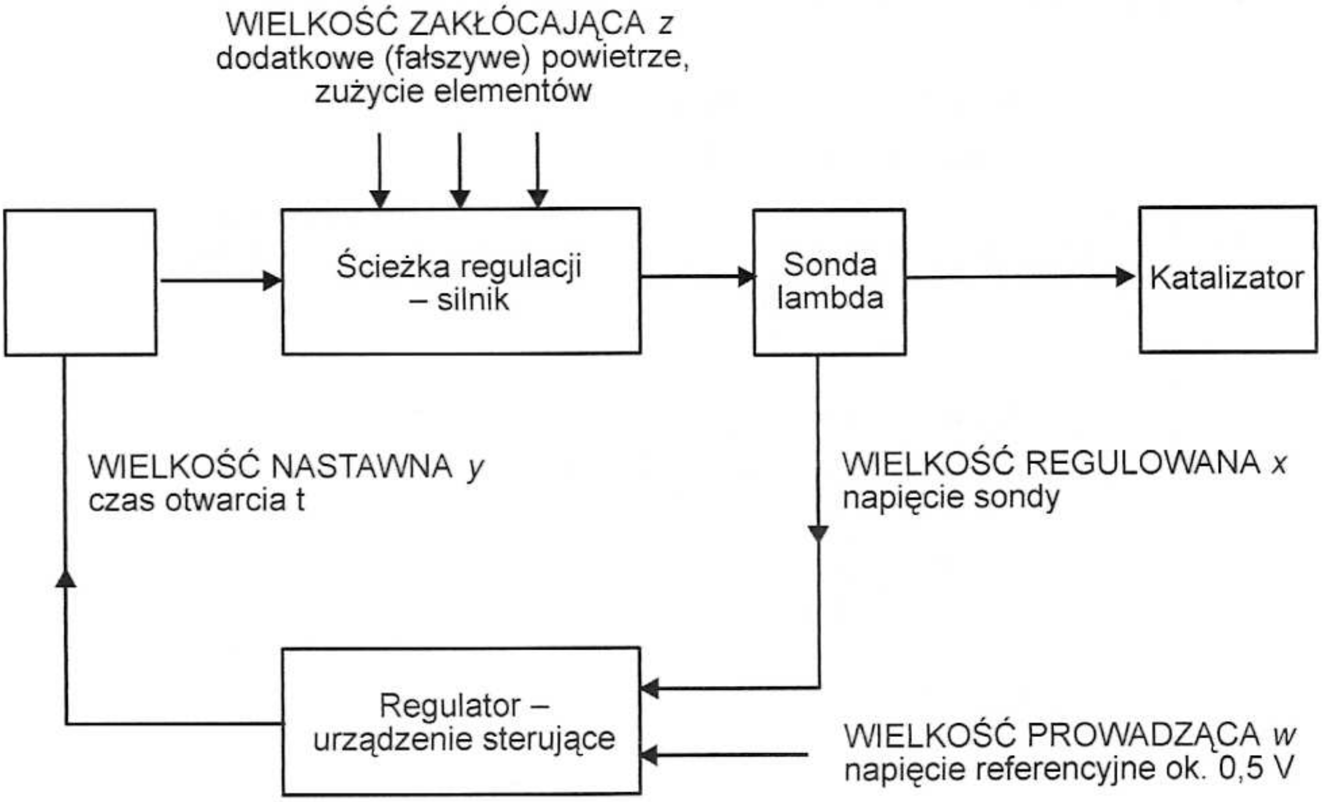
Rys. 9.33
Regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego

9.3.10. Odpowietrzanie zbiornika paliwa

Zadaniem układu odpowietrzania zbiornika paliwa (rysunki 9.34 i 9.35) jest niedopuszczenie do przenikania par paliwa do atmosfery. Pary paliwa powstają w zbiorniku na skutek ogrzewania się paliwa albo z powodu spadającego ciśnienia zewnętrznego (wysokość n.p.m.). Pary paliwa ze zbiornika są kierowane przejściowo do pojemnika z węglem aktywnym, a następnie w odpowiednich ilościach są doprowadzane do silnika w celu ich spalenia.



Rys. 9.34
Budowa układu odpowietrzania zbiornika paliwa



Rys. 9.35
Odpowietrzanie zbiornika paliwa

Działanie

Pary paliwa są doprowadzane przewodem do pojemnika z węglem aktywnym, który je absorbuje. W czasie jazdy powietrze jest zasysane przez pojemnik z węglem aktywnym, w którym miesza się z parami paliwa. Przez zawór odpowietrzania zbiornika paliwa, w zależności od wartości współczynnika trwania impulsu, w powiązaniu z regulacją lambda, odpowiednia ilość par paliwa zostaje dostarczona do silnika w celu spalenia.

Adaptacja obwodu odpowietrzania zbiornika paliwa

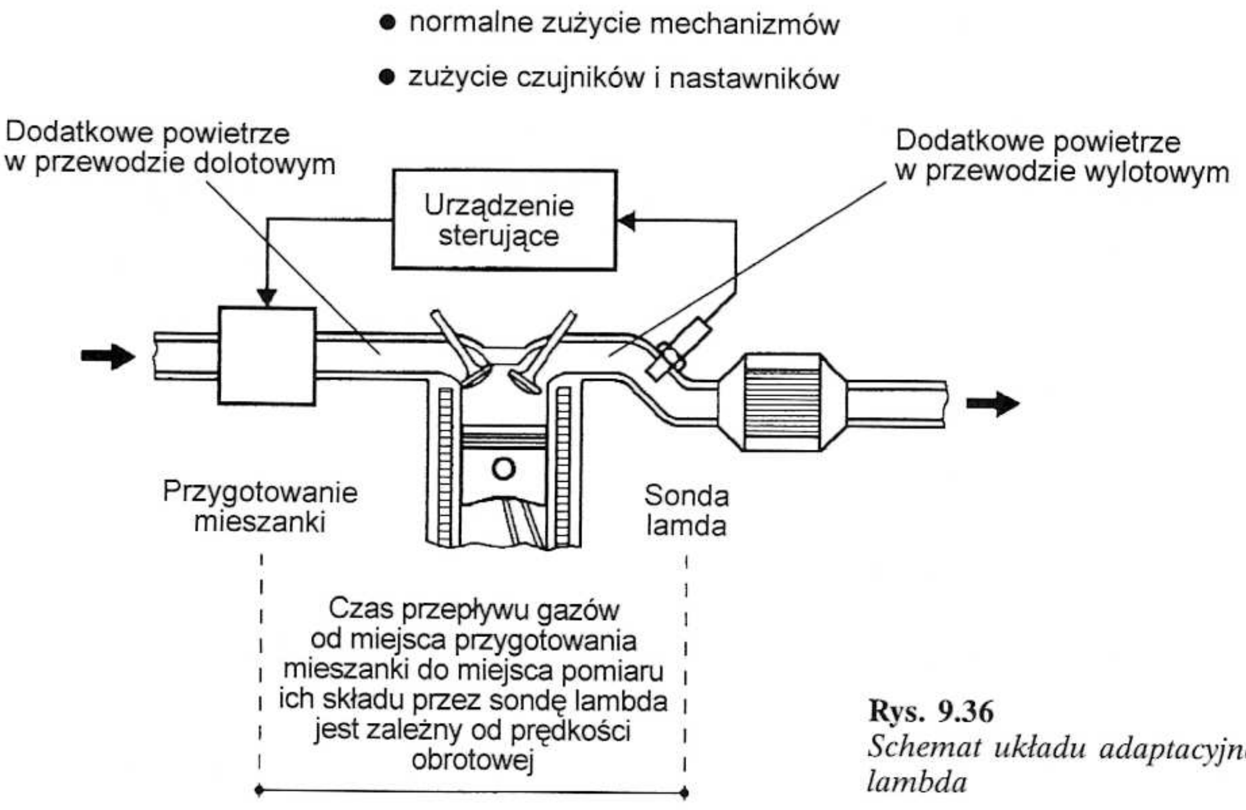
Ilość spalanego paliwa jest równa ilości paliwa wtryskiwanego i pochodzącego z odpowietrzania zbiornika. Jest ona nadzorowana przez sondę lambda. W ten sposób unika się nadmiaru paliwa w mieszance pomimo, że pojemnik z węglem aktywnym ma dużą zdolność absorpcji.

9.4. Adaptacyjne układy regulacji

Cechy szczególne obwodów regulacji

Rozpatrując dynamiczne przebiegi w silniku łatwo dostrzegamy, że ogromna ilość różnych wielkości zmienia się osobno lub równocześnie (rys. 9.36). I tak np. czas przepływu gazów od miejsca tworzenia mieszanki przed wtryskiwaczami do miejsca pomiaru ich składu przez sondę lambda bardzo zależy od prędkości obrotowej silnika.

Im jest ona większa, tym krótszy jest czas przepływu gazów z miejsca tworzenia mieszanki do miejsca umieszczenia sondy lambda. Odpowiednie parametry regulacji są tak ustawione, aby w całym obszarze pracy umożliwić pomiar i uwzględnić tę zależność od prędkości obrotowej.



Rys. 9.36
Schemat układu adaptacyjnej regulacji lambda

Problem

Nieprzewidziane zmiany w układzie (np. dodatkowe (fałszywe) powietrze, mechaniczne zużycie elementów składowych itp.) mogą doprowadzić do tego, że powstałe błędy nie będą mogły być skorygowane w ramach zakresu działania regulacji lambda.

Rezultat

Nie może być dotrzymany warunek konieczny dla największej konwersji katalizatora, czyli pracy silnika na mieszance stechiometrycznej (bliskiej $\lambda = 1$).

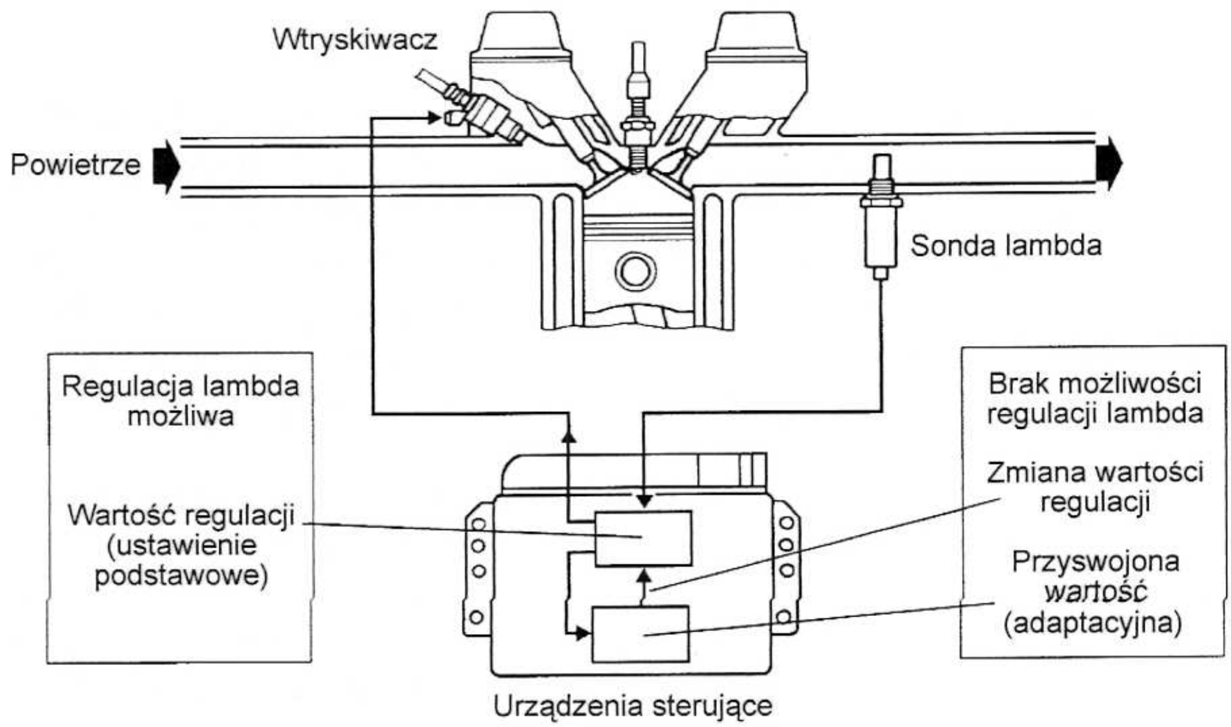
Rozwiązanie

Rozwiązaniem jest układ regulacji, który może rejestrować i uwzględniać nieprzewidywalne zmiany parametrów.

Potrzebna jest „ucząca się regulacja", czyli adaptacyjny układ regulacji.

9.4.1. Adaptacja na przykładzie regulacji lambda

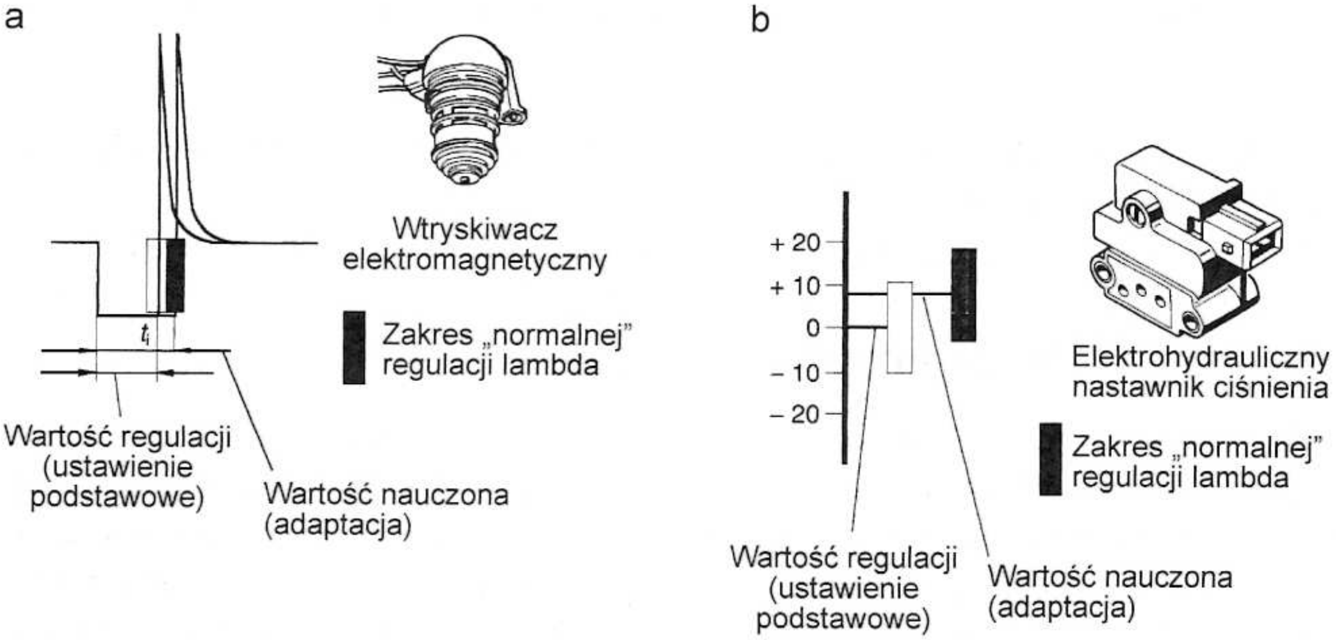
Urządzenie sterujące reguluje skład mieszanki za pomocą zmiany ilość wtryskiwanego paliwa, w zależności od stężenia tlenu w spalinach (sygnał sondy lambda). W tym celu w pamięci urządzenia sterującego są zapisane wstępne wartości regulacji. Wartości te uwzględniają np. zależność napełnienia cylindra mieszanką od prędkości obrotowej silnika i dlatego dopasowują częstotliwość regulacji do prędkości obrotowej. Załóżmy np., że do przewodu dolotowego dostanie się dodatkowe powietrze i sonda lambda poinformuje o zbyt ubogiej mieszance, wtedy układ regulacji lambda za pomocą wtryskiwaczy doprowadzi do wzbogacenia mieszanki.



Rys. 9.37
Zasada działania adaptacyjnej regulacji lambda

Jeżeli granice regulacji zostały osiągnięte, a mieszanka jest nadal zbyt uboga, system „nauczy się" nowych wartości dla jeszcze uboższej mieszanki i zapisze w pamięci nowe wartości regulacji (czas wtrysku wyrażony wartością prądu sterowania). Od następnego uruchomienia silnika te nowe wartości mogą być już wykorzystywane. Układ może dokonywać regulacji z wykorzystaniem wartości, których się „nauczył" (rys. 9.37).

Przykład adaptacji przy zbyt ubogiej mieszance (rys. 9.38).



Rys. 9.38
a) układ o wtrysku przerywanym (wielkość nastawcza – taktowanie wtryskiwacza (czas wtrysku t_i)
b) układ o wtrysku ciągłym (wielkość nastawcza – prąd nastawczy I w nastawniku ciśnienia)

9.4.2. Problemy diagnostyczne wynikające z adaptacji

Problem

Adaptacja może prowadzić do tego, że pojawiające się błędy zostaną ukryte albo zaadoptowane. Całkowite wypadnięcie pracy jednego cylindra w silniku wielocylindrowym może nie być zauważone jako zmniejszenie prędkości obrotowej biegu jałowego, gdyż układ regulacji napełnienia na biegu jałowym zdoła utrzymać prędkość obrotową w granicach adaptacji na odpowiednim poziomie. Inne błędy, jak zużyte wtryskiwacze, utrata ciśnienia sprężania w cylindrze, zatkanie układu zasilania paliwem itd. zostaną także zrekompensowane przez adaptacyjne systemy regulacji.

Dotychczasowe metody rozpoznawania błędów opierają się na wyznaczeniu statycznych wartości porównawczych, jak napięcie, współczynnik trwania impulsu, kąt zwarcia, kąt wyprzedzenia zapłonu, czas wtrysku itd. Wartości dynamiczne, albo trudne do zmierzenia zmiany wewnętrznego stanu silnika, np. zużycie albo nieszczelności, nie mogą być tymi sposobami wiarygodnie rozpoznane, chyba że na skutek adaptacji doprowadziły do widocznego obniżenia komfortu jazdy. Dopiero po wystąpieniu większej awarii (np. uszkodzenie czujnika) przebieg procesu regu-

lacji zostanie tak bardzo zakłócony, że znalezienie usterki będzie stosunkowo łatwe, gdyż system przestawi się na pracę w trybie awaryjnym.

Rozwiązanie

Nieustanny postęp w dziedzinie elektroniki stwarza możliwość nakazania urządzeniu regulacyjnemu, które dokonało adaptacji poinformowania o tym dopasowaniu personelu stacji obsługi przez odpowiednie łącze (interfejs).

Zapisane w pamięci kroki adaptacji umożliwiają wczesne i jednoznaczne rozpoznanie usterki.

Przykłady adaptacyjnych układów regulacji w samochodzie

- ❑ Regulacja lambda
  Kompensuje tolerancje w układzie zasilania paliwem, silniku i układzie Motronic oraz dopasowuje się do zmienionych warunków.
- ❑ Stabilizacja prędkości obrotowej biegu jałowego.
  Koryguje pracę zaworu regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego, uwzględniając parametry eksploatacyjne i warunki zewnętrzne.
- ❑ Odpowietrzanie zbiornika paliwa.
  Zapobiega nadmiernemu wzbogaceniu mieszanki, pomimo dużej zdolności pochłaniania pojemnika z węglem aktywnym.
- ❑ Regulacja przeciwstukowa.
  Dopasowuje pole charakterystyki zapłonu do specyfiki silnika albo jakości paliwa tak, aby zminimalizować niebezpieczeństwo występowania spalania detonacyjnego.

10. Oscyloskop warsztatowy

Wbudowany w niektóre testery samochodowe oscyloskop umożliwia mechanikowi wizualizację na monitorze prawie wszystkich sygnałów przesyłanych w samochodzie. Dzięki temu jest możliwa szybka diagnoza. Jest to jedyny sposób diagnozowania szybkich sygnałów.

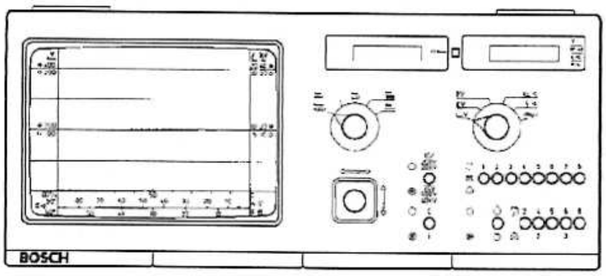
Możliwości zastosowań oscyloskopu:

- ❑ **sprawdzanie układu zapłonowego**
  (obraz usterek w obwodach prądu pierwotnego i wtórnego w układach zapłonowych zarówno rozdzielaczowych, jak i bezrozdzielaczowych),
- ❑ **sprawdzanie prądnicy**
  (obraz usterek i działanie regulatora),
- ❑ **sygnały specjalne**
  (sygnału od czujników i nastawników),
- ❑ **sprawdzanie stanu technicznego silnika**
  (prądy w rozruszniku podczas uruchamiania silnika, równomierność prędkości obrotowej silnika, usterki w układzie wtrysku paliwa silników wysokoprężnych).

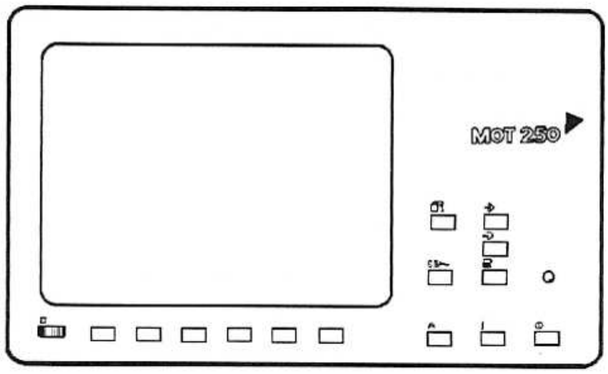
Poszukiwanie usterek sygnałów specjalnych i sprawdzanie stanu technicznego silnika nabierają szczególnego znaczenia, gdyż w ciasno zabudowanych silnikach jest już prawie niemożliwe przeprowadzanie testów metodami mechanicznymi, np. sprawdzenie ciśnienia sprężania. Prace związane z takim sposobem przeprowadzenia testu (m.in. odkręcenie świec zapłonowych) nie pozostają w żadnej rozsądnej proporcji do czasu trwania samego testu i wiarygodności wyniku. Różnice ciśnienia sprężania poszczególnych cylindrów można znacznie taniej i lepiej ustalić, mierząc prąd w rozruszniku podczas uruchamiania silnika albo sprawdzając równomierność pracy silnika po jego uruchomieniu.

10.1. Analogowe i cyfrowe przedstawianie sygnałów

W oscyloskopie analogowym (rys. 10.1) obraz na monitorze jest wytwarzany przez cały czas. Nie ma przy tym nawet najmniejszych przerw na odczytanie i udokumentowanie (obraz statyczny) sygnału pomiarowego. Wynika to z faktu, że siła przyciągania elektronów na torach zewnętrznych nie jest tak silna jak tych blisko jądra. To relatywnie małe związanie elektronów zewnętrznych w znacznym stopniu wyjaśnia istotę elektryczności.



Rys. 10.1
Analogowy tester silnika

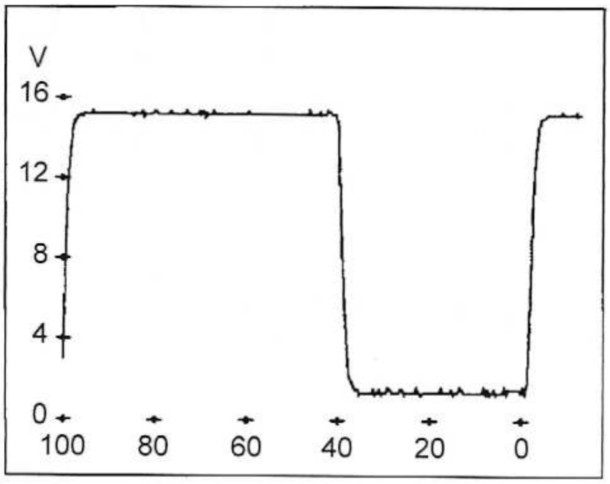


Rys. 10.2
Cyfrowy tester silnika

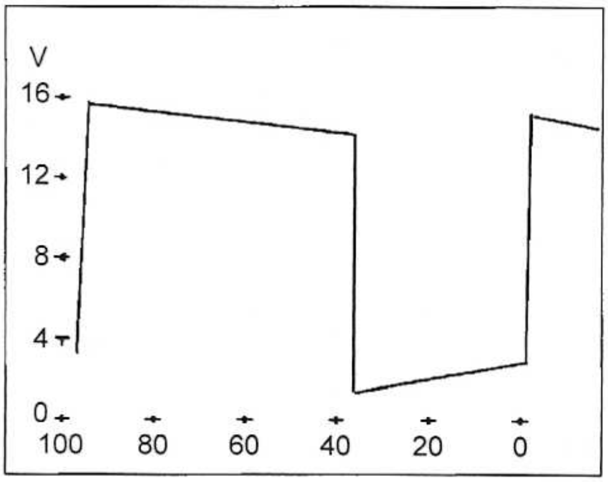
Oscyloskop cyfrowy (rys. 10.2) odczytuje co pewien czas sygnał pomiarowy, a następnie odwzorowuje go na monitorze. Ta, na pierwszy rzut oka, niekorzystna właściwość jest rekompensowana tym, że odwzorowane statycznie i odczytane obrazy można zapisać w pamięci, a nawet wydrukować. Dzięki temu można ustalić błędy, które w oscyloskopie analogowym nie zostaną zauważone, gdyż występują tylko okresowo albo zbyt krótko.

10.2. Sprzężenia DC/AC

Możliwe jest inne przedstawianie sygnałów pomiarowych, jeżeli zamiast sprzężonego z napięciem stałym wejścia pomiarowego DC dokonamy pomiaru przez wejście pomiarowe AC, sprzężone z prądem przemiennym (rysunki 10.3 i 10.4). Przy



Rys. 10.3
Sygnał prostokątny na oscyloskopie ze sprzężeniem DC



Rys. 10.4
Sprzężenie AC

sprzężeniu przemiennoprądowym AC zostaje odfiltrowana część napięcia stałego, aby zobaczyć na ekranie monitora tylko (interesującą nas) część prądu przemiennego, np. górne fale napięcia ładowania. Takie sprzężenie prowadzi jednak do tego, że obraz sygnałów wyłącznie stałoprądowych jest zniekształcony.

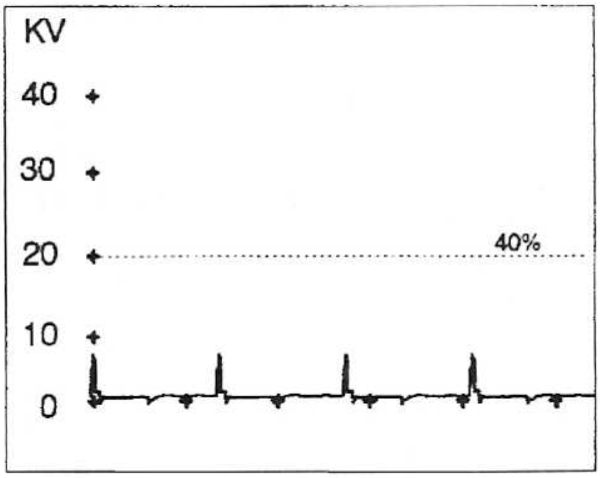
Sprzężenie stałoprądowe DC przedstawia zarówno część stałoprądową, jak i przemiennoprądową sygnału.
Korzyść – dokładne odwzorowanie sygnału.
Wada – zła rozdzielczość nałożonej części przemiennoprądowej.

Sprzężenie przemiennoprądowe AC odfiltrowuje część stałoprądową.
Zaleta – dobra rozdzielczość części przemiennoprądowej.
Wada – nieprawidłowe odwzorowanie sygnałów o charakterystyce prostokątnej.

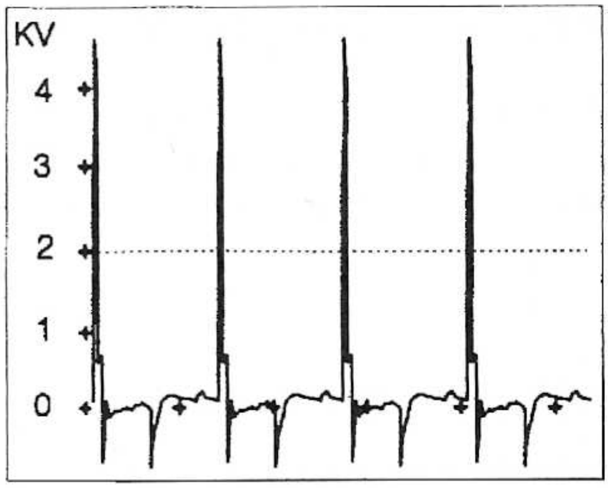
10.3. Oś Y

Oś Y nazywana jest osią pionową, albo osią „napięciową". Na tej osi jest wyznaczona skala napięcia. Wybór skali napięcia (rysunki 10.5 i 10.6) decyduje o tym, jak duży będzie obraz sygnału pomiarowego na ekranie monitora.

Zakres pomiarowy napięcia należy tak wybrać, aby uzyskać na ekranie możliwie największy obraz sygnału.



Rys. 10.5
Wybrano za duży zakres pomiarowy napięcia – widoczny na ekranie obraz sygnału jest za mały



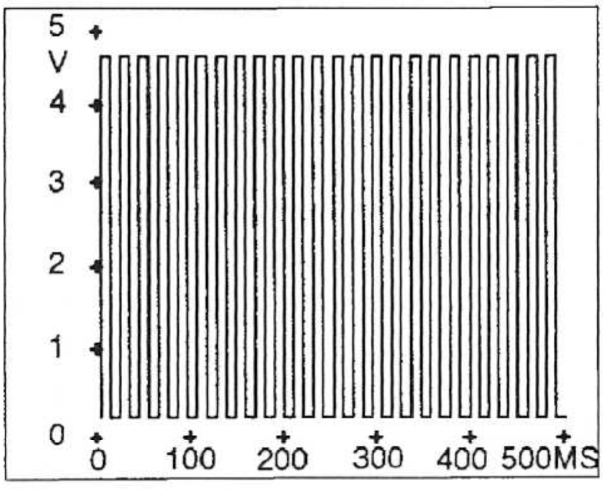
Rys. 10.6
Wybrano prawidłowy zakres pomiarowy napięcia – obraz sygnału jest widoczny na ekranie w maksymalnej wielkości

10.4. Oś X

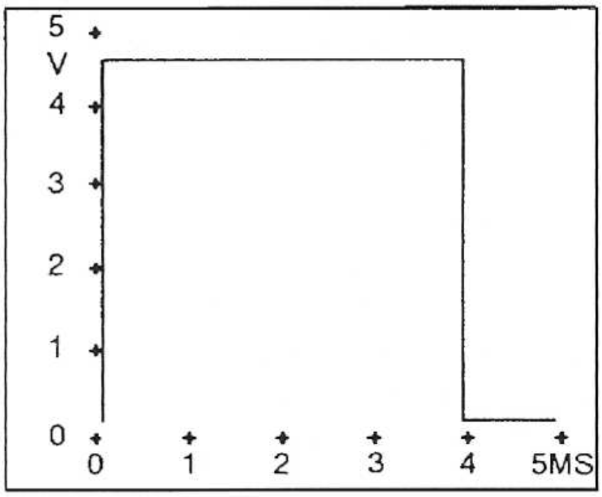
Obraz w funkcji czasu

Dla osi poziomej X jest używane określenie „oś czasu" albo „podstawa czasu". Na tej osi jest wyznaczona skala czasu. Wybór skali czasu decyduje o tym, jak szeroki będzie obraz sygnału pomiarowego na ekranie (rys. 10.7 do 10.9).

Podstawa czasu musi być tak dobrana, aby była widoczna cała informacja niesiona przez sygnał.



Rys. 10.7
Wybrana podstawa czasu za duża – nie jest możliwe dokładne przyjrzenie się obrazowi sygnału



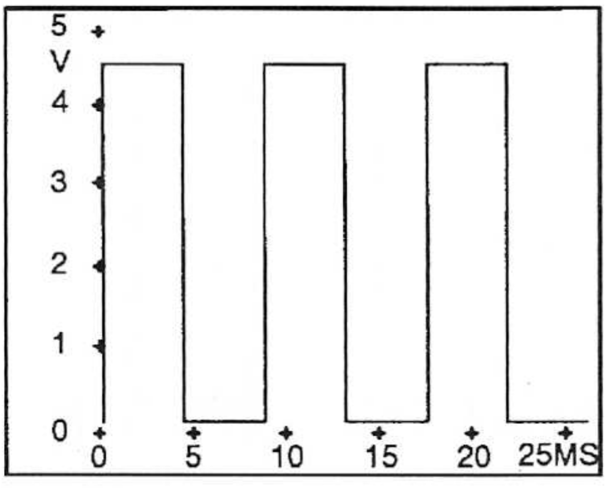
Rys. 10.8
Wybrana podstawa czasu za mała – ważne szczegóły obrazu sygnału pomiarowego mogą nie być widoczne

Skala 100%

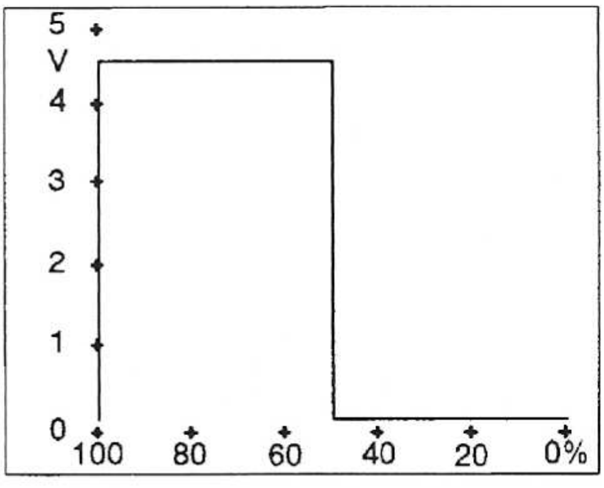
W wielu zastosowaniach (np. pomiar współczynnika trwania impulsu) najprostszym rozwiązaniem jest praca przy skali 100%. Wybór ten oznacza, że zawsze pokazany zostanie jeden pełen cykl przebiegu sygnału (rys. 10.10).

Wskazówka

W starszych testerach liczba pokazanych cykli zależy od liczby cylindrów. Jeżeli chcemy zobaczyć tylko jeden cykl, musimy wybrać opcję dla jednego cylindra.



Rys. 10.9
Wybrana podstawa czasu prawidłowa – obraz sygnału na ekranie jest prawidłowy i dobrze czytelny



Rys. 10.10
Opcja 100% – przy takim ustawieniu na ekranie jest zawsze widoczny pełen cykl sygnału

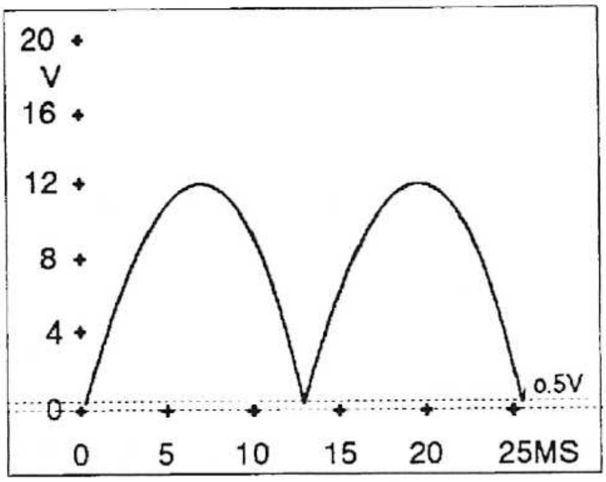
10.5. Impuls wyzwalający

10.5.1. Poziom impulsu wyzwalającego

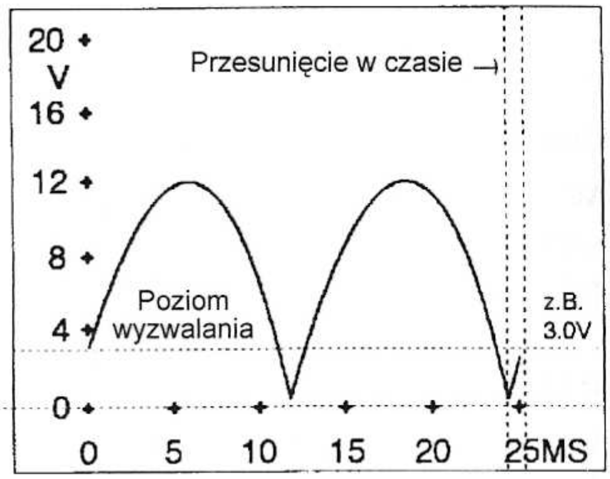
Poziom impulsu wyzwalającego określa próg napięcia, który musi być przekroczony, aby na ekranie testera ukazał się prawidłowy obraz sygnału.

Dzięki temu jest możliwe otrzymanie obrazu statycznego dla oka obserwatora. Jeżeli wielkość sygnału pomiarowego znajduje się powyżej albo poniżej wartości napięcia poziomu impulsu wyzwalającego, to nie jest wtedy możliwe otrzymanie nieruchomego obrazu (rysunki 10.11 do 10.14).

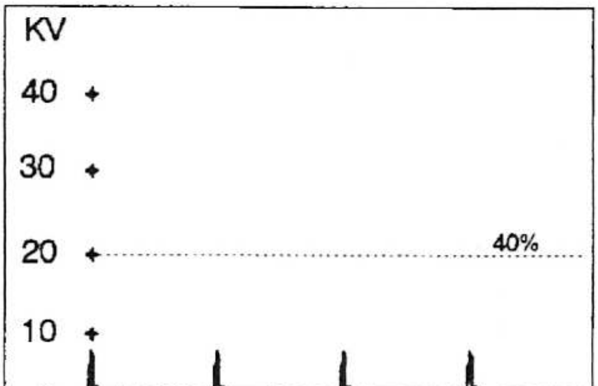
Poziom impulsu wyzwalającego należy tak wybrać, aby sygnał pomiarowy poziom ten przekraczał.



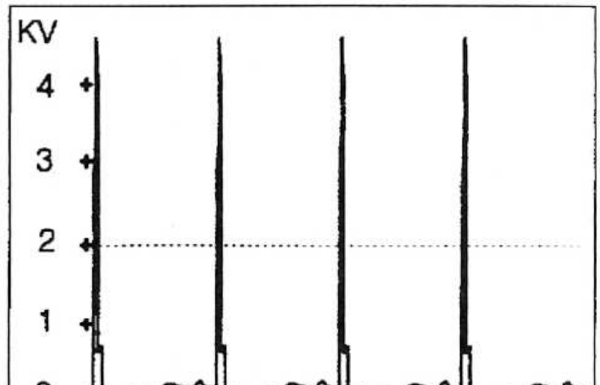
Rys. 10.11
Poziom wyzwalania wybrany prawidłowo: sygnał jest widoczny na ekranie od samego początku



Rys. 10.12
Wybrany za duży poziom wyzwalania – początek obrazu sygnału jest na ekranie przesunięty



Rys. 10.13
Wartość sygnału pomiarowego jest mniejsza niż poziom wyzwalania – obraz płynie po ekranie



Rys. 10.14
Wartość sygnału pomiarowego jest większa niż poziom wyzwalania – obraz na ekranie pozostaje nieruchomy

W nowoczesnych testerach można dowolnie wybierać poziom impulsu wyzwalającego. W niektórych (starszych) testerach poziom impulsu wyzwalającego jest ustawiony na 40% wybranej skali napięcia (np. SUN MEA 1500) albo sygnał może zostać wyzwolony tylko przez impuls z zacisku 1 (np. Bosch MOT 201, MOT 400).

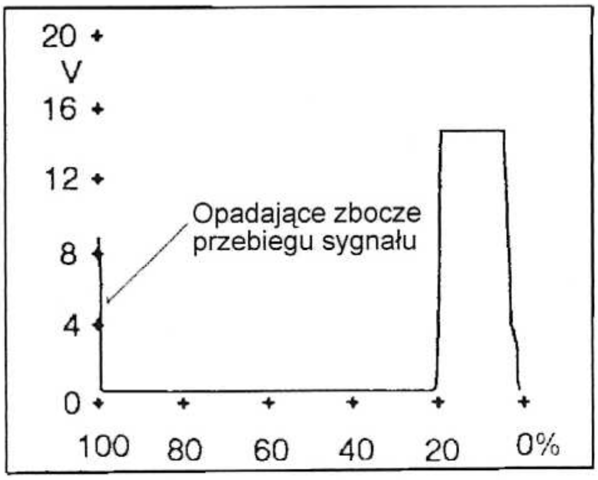
10.5.2. Zbocze impulsu wyzwalającego

Do przerzucania sygnału może być użyte albo dodatnie (czołowe) albo ujemne (tylne) zbocze przebiegu sygnału pomiarowego. Właściwy wybór zbocza wyznacza początek sygnału pomiarowego na ekranie. Wybór ten jest pomocny, jeżeli pracujemy ze skalą 100%, bo wtedy punkt zerowy znajduje się po prawej stronie ekranu. Możemy chcieć uzyskać na ekranie obraz zaczynający się od niskiego poziomu sygnału i wyrównany do prawej strony w celu np. odczytania współczynnika trwania impulsu (rysunki 10.15 i 10.16).

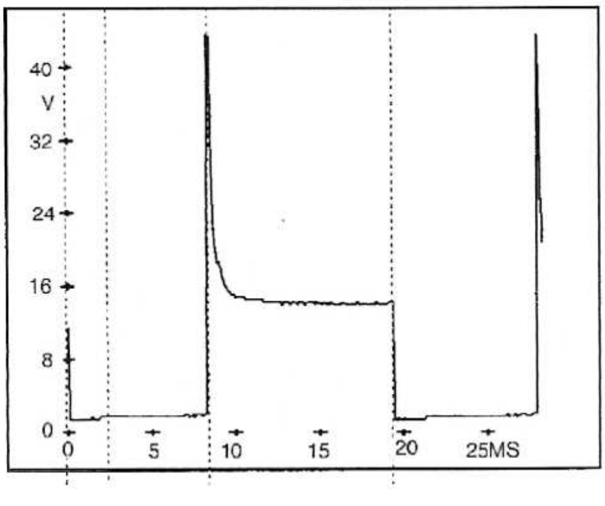
Skala czasu zaczyna się na ekranie od jego lewej strony. Dlatego chcemy mieć obraz rozpoczynający się od niskiego poziomu sygnału i wyrównany do lewej strony ekranu (rys. 10.17). W tym celu należy wybrać zbocze tylne (ujemne).



Rys. 10.15
Oscyloskop ustawiony na narastające zbocze sygnału pomiarowego – dobra czytelność współczynnika trwania impulsu



Rys. 10.16
Oscyloskop ustawiony na opadające zbocze sygnału pomiarowego – niedobra czytelność współczynnika trwania impulsu

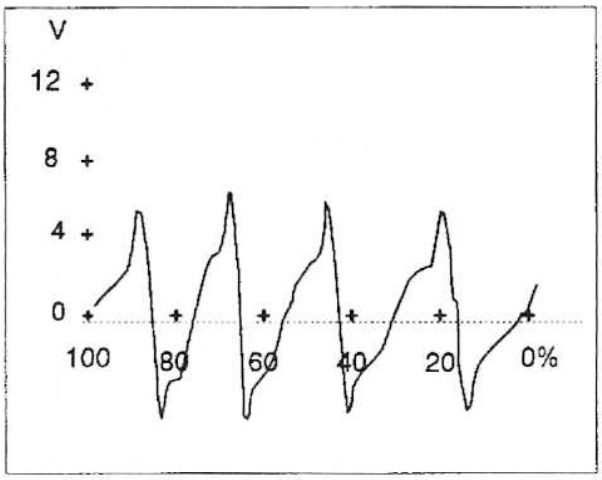


Rys. 10.17
Ustawienie na opadające zbocze sygnału pomiarowego – dobra czytelność czasu włączenia (tutaj czas wtrysku)

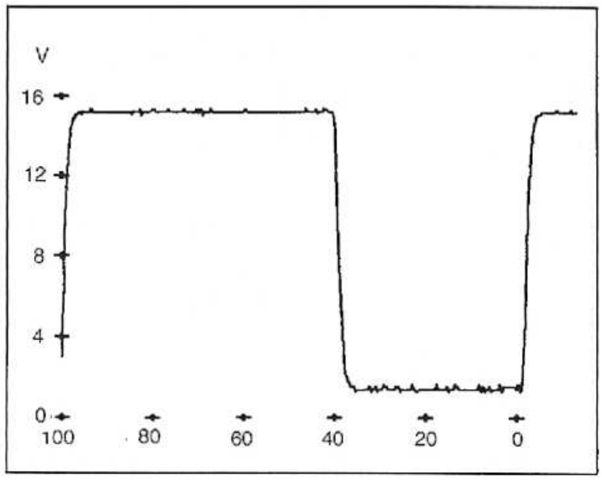
Przy skali 100% impuls wyzwalający ustawia się na czołowe (dodatnie) zbocze przebiegu sygnału, a przy obrazach w funkcji czasu na tylne (ujemne).

10.6. Obrazy typowych sygnałów z czujników

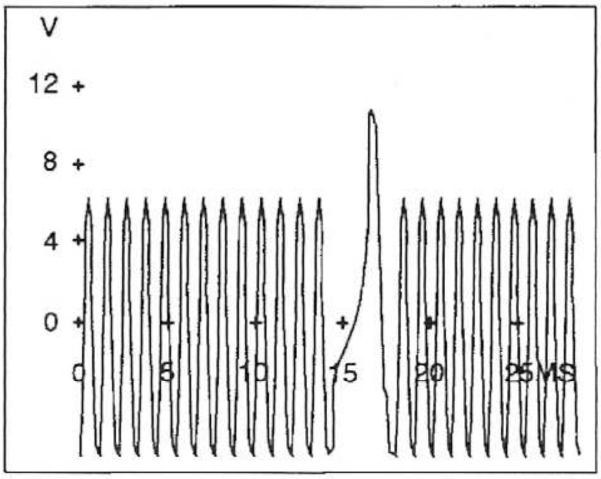
Obrazy **sygnałów czujników** przedstawiono na rysunkach 10.18 do 10.20. Na rysunkach 10.21 do 10.24 uwidoczniono obrazy sygnałów nastawników.



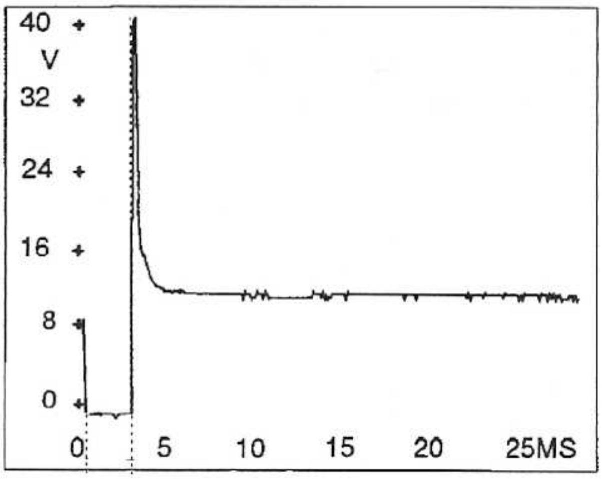
Rys. 10.18
Sygnał indukcyjnego czujnika rozdzielacza zapłonu



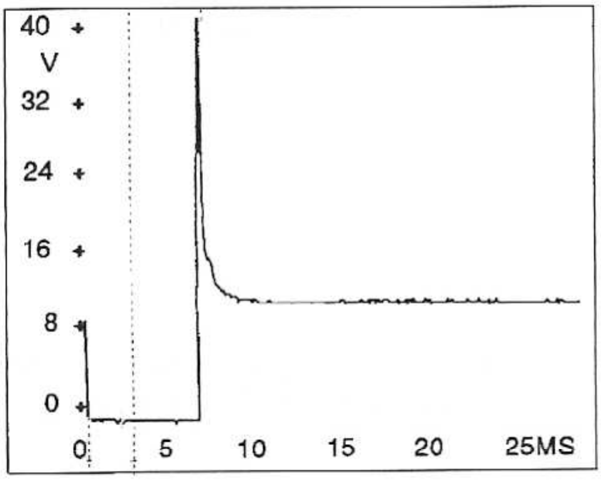
Rys. 10.19
Sygnał czujnika Halla rozdzielacza zapłonu



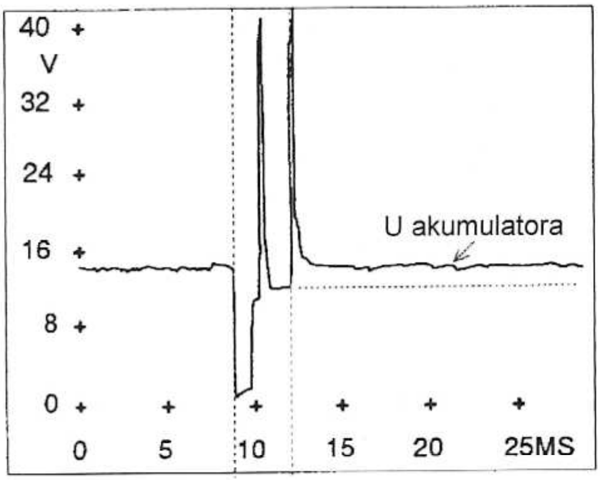
Rys. 10.20
Sygnał czujnika prędkości obrotowej i położenia wału korbowego



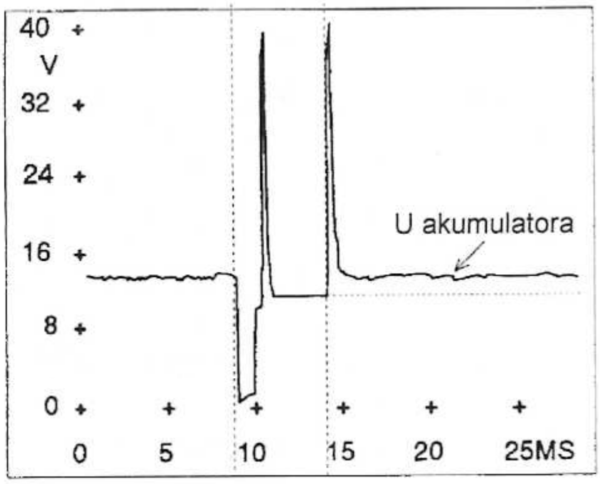
Rys. 10.21
Czas otwarcia zaworu wtryskiwacza; wtrysk wielopunktowy. Czas wtrysku t_i (zawór wtryskiwacza otwarty) zwiększa się wraz z obciążeniem; silnik na biegu jałowym



Rys. 10.22
Silnik pod obciążeniem (pozostałe parametry wg rys. 10.21)



Rys. 10.23
Czas otwarcia zaworu wtryskiwacza; wtrysk centralny. Czas wtrysku t_i (wtryskiwacz otwarty) zwiększa się wraz z obciążeniem; silnik na biegu jałowym



Rys. 10.24
Silnik pod obciążeniem (pozostałe parametry wg rys. 10.23)

10.7. Sprawdzanie prądnicy

10.7.1. Sygnały harmoniczne

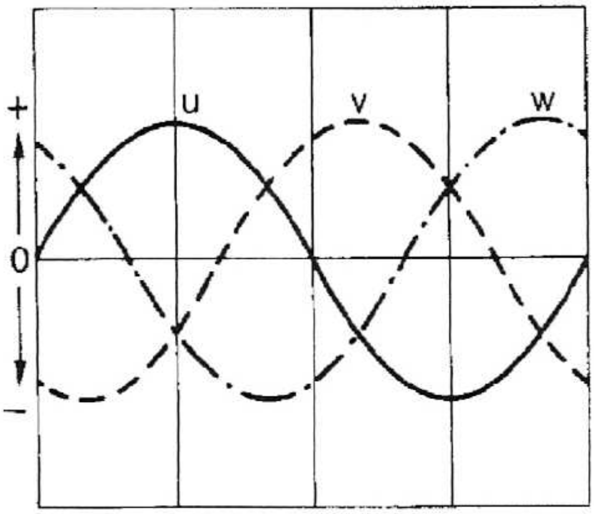
Oprócz typowych pomiarów prądu i napięcia prądnicy współczesne testery silnikowe, wykorzystując wejście dla sygnałów specjalnych, w ramach specjalnego programu testowania prądnicy są w stanie zmierzyć i pokazać na obrazie oscyloskopu także wartość prądu ładowania. Dzięki temu jest możliwe wykrycie usterek diod wzbudzenie i diod obciążenia w prądnicy zamontowanej w samochodzie. Unika się konieczności jej wymontowania i umieszczania na specjalnym stanowiska do sprawdzania prądnic.

Napięcie fazowe (rys. 10.25) jest napięciem wytwarzanym w prądnicy przez trzy uzwojenia, przesunięte względem siebie o 120°. To przemienne napięcie jest prostowane przez 6 diod prostowniczych na prawie stałe napięcie prądnicy. Pozostaje przy tym jednak niewielki udział napięcia przemiennego, w postaci tak zwanych fal harmonicznych.

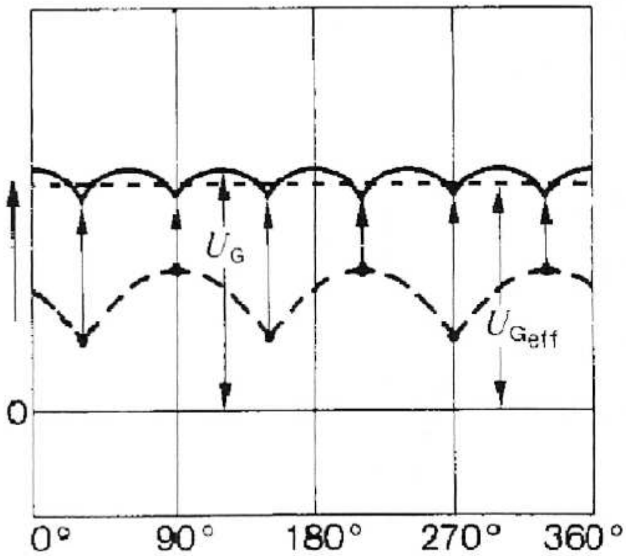
Oznacza to, że rzeczywiste **napięcie prądnicy** U_G (rysunek 10.26) różni się od napięcia w instalacji pokładowej $U_{G\ eff}$.
Istnieje tutaj zależność:
Napięcie harmoniczne = $U_{G\ eff} \cdot 0{,}04$.

Przykład
Napięcie w instalacji $U_{G\ eff} = 14$ V
Napięcie harmoniczne = 14 V · 0,04 = 0,56 V

Fala harmoniczna jest większa, jeżeli w jednej z diod występuje przerwa albo zwarcie. Z tego powodu fale harmoniczne wykorzystuje się do wykrywania usterek.



Rys. 10.25
Napięcie przemienne uzwojeń prądnicy – napięcie fazowe



Rys. 10.26
Napięcie wyprostowane – napięcie prądnicy trójfazowej

10.7.2. Wpływ rodzaju sprzężenia na obraz

Na rysunku 10.27 przedstawiono normalny obraz oscyloskopowy napięcia prądnicy na wejściu specjalnym (sprzężenie DC).

Udział napięcia stałego jest wyraźnie widoczny. Znikoma fala harmoniczna, czyli udział napięcia przemiennego jest prawie niezauważalny.

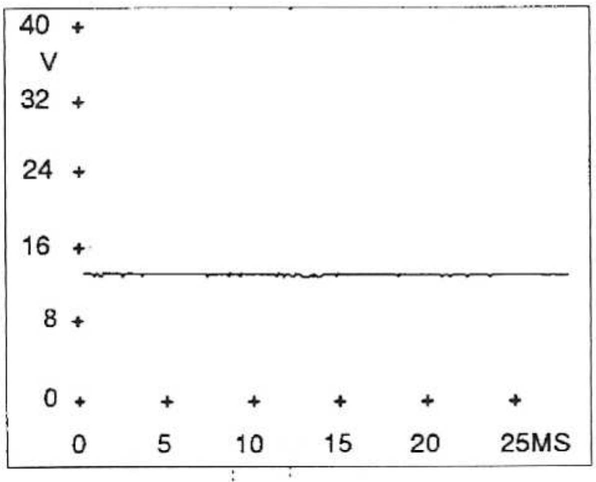
Zaleta

Taki sposób prezentacji można także stosować w samochodach z silnikami wysokoprężnymi.

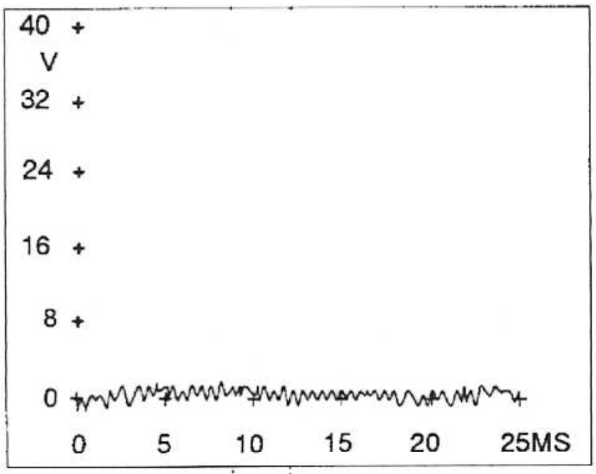
Obraz przedstawiony na rysunku zarejestrowano na zacisku D+.

Normalny obraz oscyloskopowy podczas testowania prądnicy (sprzężenie AC) przedstawiono na rysunku 10.28.

Udział napięcia stałego nie jest widoczny, ale za to wyraźnie widać niewielką falę harmoniczną.



Rys. 10.27
Oscyloskopowy obraz pracy prądnicy na wejściu specjalnym (sprzężenie DC)



Rys. 10.28
Oscyloskopowy obraz pracy prądnicy podczas testu (sprzężenie AC)

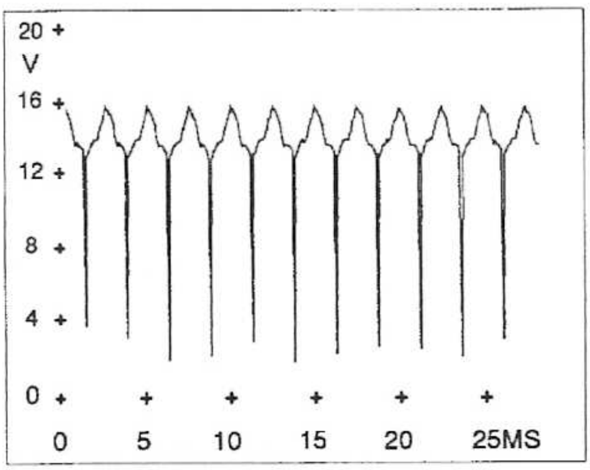
Problem

Niektóre testery mają taką możliwość prezentacji tylko dla silników o zapłonie iskrowym, ponieważ wymagają sygnałów z układu zapłonowego.

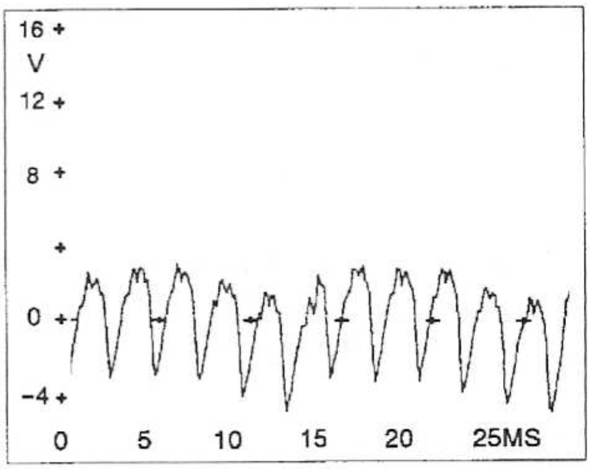
Obraz przedstawiony na rysunku zarejestrowano na zacisku B+.

10.7.3. Przykłady usterek wykrytych podczas testu prądnicy

- ❑ Przerwa na diodzie ujemnej (rysunki 10.29 i 10.30).

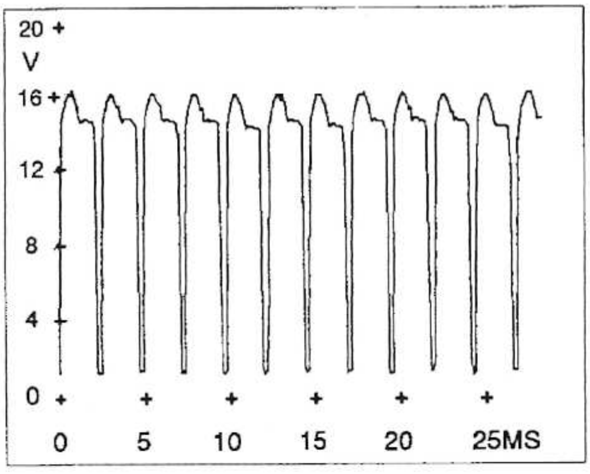


Rys. 10.29
Przerwa na diodzie ujemnej

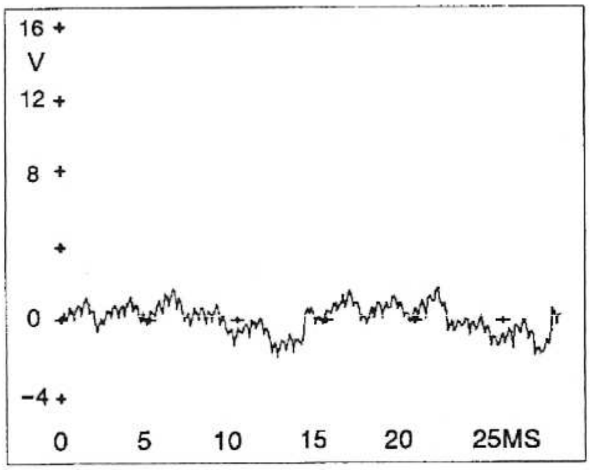


Rys. 10.30

❑ Przerwa na diodzie wzbudzenia (rysunki 10.31 i 10.32).

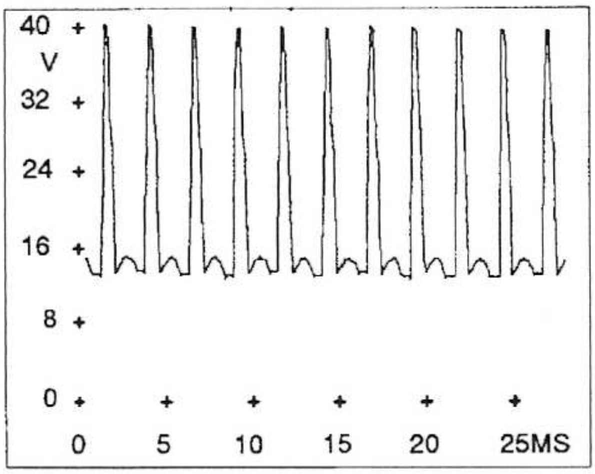


Rys. 10.31
Przerwa na diodzie wzbudzenia

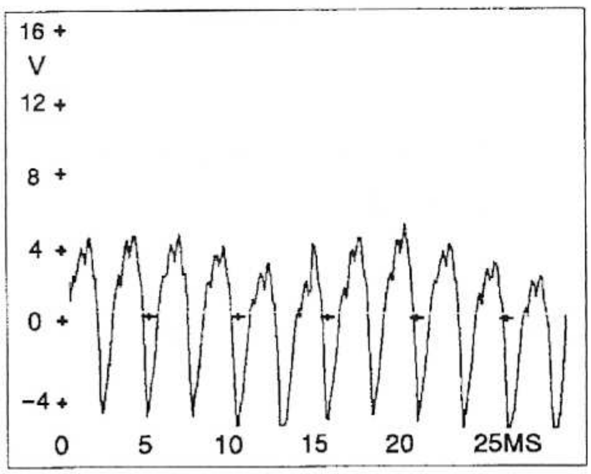


Rys. 10.32

❑ Przerwa na diodzie dodatniej (rysunki 10.33 i 10.34)



Rys. 10.33
Przerwa na diodzie dodatniej



Rys. 10.34

Obrazy po lewej stronie uzyskano wykorzystując wejście sygnałów specjalnych w testerze silnikowym (sprzężenie DC). Widoczny jest kompletny sygnał napięcia. Punktem pomiarowym jest zacisk D+.

Obrazy po prawej stronie uzyskano podczas sprawdzania prądnicy na testerze silnikowym (sprzężenie AC). Wejście jest sprzężeniem AC, dlatego skala napięcia jest ustawiona tylko dla sygnałów napięcia przemiennego. Punktem pomiarowym jest zacisk B+.

11. Samochodowe układy elektroniczne

11.1. Zasada działania

Układy elektroniczne w samochodzie zawsze pracują wedle tej samej zasady.

Informacje o warunkach i aktualnych stanach eksploatacyjnych są zbierane przez czujniki i przekazywane do urządzenia sterującego. Te warunki i stany eksploatacyjne dla urządzenia sterującego są **sygnałami wejściowymi**. W **urządzeniu sterującym** następuje przetworzenie sygnałów wejściowych, które przebiega według zaprogramowanego porządku. Znaczy to, że określony sygnał wejściowy albo kombinacja wielu sygnałów wejściowych wyzwalają w urządzeniu sterującym sztywne procedury przetwarzania.

Efektem procesu przetwarzania są **sygnały wyjściowe**. Sygnał wyjściowy albo wiele sygnałów wyjściowych z urządzenia sterującego oddziaływają na nastawniki (aktuatory), np. silniki elektryczne, zawory elektromagnetyczne itp.

W myśl tej generalnej zasady

wejście → przetwarzanie → wyjście

w prosty sposób można wyjaśnić działanie każdego układu elektronicznego w samochodzie. Dzięki temu łatwiej jest też zrozumieć zależności funkcjonalne.

11.2. Sygnały wejściowe i wyjściowe

Skoro wszystkie funkcje systemów elektronicznych opierają się na sygnałach elektrycznych, to warunki i stany eksploatacyjne (np. temperatura, prędkość obrotowa, itp.) muszą zostać najpierw zamienione na sygnały elektryczne.

Przykładowo temperatura silnika jest rozpoznawana za pomocą zmiany rezystancji czujnika temperatury silnika (NTC) i wynikający z tej zmiany spadek napięcia. Dla dalszego przetworzenia sygnału w urządzeniu sterującym ważne jest, aby zamiana wartości eksploatacyjnych w sygnał elektroniczny była prawidłowa.

Sygnał nie może zostać zafałszowany przez jakieś rezystancje przejściowe (np. złe styki), gdyż wtedy sygnał wejściowy nie będzie odzwierciedlał warunków eksploatacyjnych. Samo przeliczenie sygnału wejściowego w urządzeniu sterującym

przebiega wówczas, co prawda, prawidłowo, jednak sygnał nie odpowiada rzeczywistym warunkom eksploatacyjnym.

To samo dotyczy sygnałów wyjściowych. Wychodzący z urządzenia sterującego sygnał napięcia lub prądu działa na jakiś podzespół albo element składowy samochodu (silnik, zawór itp.) przez określony czas i z określonym skutkiem, wywołując przez to np. podciśnienie, przepływ paliwa itp.

Także tutaj, z powodu nieprawidłowego przetworzenia sygnału elektrycznego, może dojść do błędnych reakcji, które na ogół nie są już nadzorowane przez urządzenie sterujące.

Zgodne z oczekiwaniami działanie po stronie wyjściowej urządzenia sterującego będzie miało miejsce, jeżeli:

- ❑ odpowiedni czujnik potrafi właściwie przetworzyć sygnał elektryczny,
- ❑ z urządzenia sterującego został wysłany prawidłowy sygnał,
- ❑ sygnały wejściowe odzwierciedlają warunki i stany eksploatacyjne oraz stany te zostały właściwie przetworzone i sygnały te prawidłowo dotarły do urządzenia sterującego.

11.3. Urządzenia sterujące z samodiagnozowaniem

W wielu współczesnych układach elektronicznych urządzenia sterujące potrafią same nadzorować swoją pracę. Również sygnały wejściowe i częściowo także sygnały wyjściowe są weryfikowane w urządzeniu sterującym pod względem ich wiarygodności, czyli zawierania się w zakresie prawdopodobnych warunków eksploatacyjnych.

Wszelkie niewłaściwe funkcje są zapisywane w pamięci usterek (pamięci diagnostycznej), którą można odczytać za pomocą testera. W razie stwierdzenia braku albo nieprawidłowego sygnału (wykraczającego poza realne warunki pracy, np. temperatury silnika −80°C) zamiast niego, jeśli jest to możliwe, do dalszych obliczeń zostaje pobrana wartość zastępcza, zaprogramowana w urządzeniu sterującym (np. temperatura silnika +90°C).

Przy rejestrowaniu usterek w pamięci przeważnie są również zapisywane warunki pracy silnika (np. prędkość obrotowa, temperatura itp.) towarzyszące wystąpieniu tego błędu oraz rodzaj błędu (np. zwarcie do masy),a także charakter usterki – przejściowa (np. obluzowany zacisk) lub trwała. Ułatwia to znakomicie wykrywanie niesprawności.

W pamięci usterek oraz podczas samodiagnozy urządzenia sterującego mogą zostać rozpoznane jako błędy, podobnie jak w procesie przetwarzania, wyłącznie sygnały elektryczne. Elementy mechaniczne na ogół nie są nadzorowane.

Do pamięci usterek może trafić tylko rodzaj błędu (np. temperatura silnika, zwarcie do masy). Urządzenie sterujące nie potrafi rozpoznać, czy uszkodzony jest sam czujnik, czy przewód prowadzący od czujnika do urządzenia sterującego. Ponadto urządzenie sterujące potrafi co prawda rozpoznać, czy sygnał mieści się w narzuconych granicach tolerancji, nie jest jednak w stanie stwierdzić, czy sygnał oddaje rzeczywiste warunki albo stany eksploatacyjne.

Do zapisu usterek służy pamięć krótkotrwała, która musi być stale zasilana napięciem z akumulatora. W razie przerwania zasilania (odłączenie akumulatora) zapisane w pamięci dane zostają stracone. Jedynie w układach związanych z bezpieczeństwem jazdy, np. ABS, do rejestracji kodów usterek wykorzystuje się pamięć trwałą.

Najważniejszym warunkiem prawidłowego działania wszystkich urządzeń sterujących jest właściwe zasilanie napięciem oraz dobre połączenie z masą.

11.4. Podstawowe zasady postępowania z układami elektronicznymi

Podstawowe zasady budowy układów elektronicznych w samochodzie są zawsze takie same. Istnieje jednak wiele wersji zależnych od producentów. Dlatego ważne jest przestrzeganie nie tylko ogólnych zasad, lecz także szczegółowych wytycznych poszczególnych producentów.

Wymagania w zakresie precyzji sterowania i regulacji bywają różne. Zależy to nie tylko od klasy cenowej samochodu, ale też od „filozofii" danego producenta. I tak np. awaria pewnego układu u jednych producentów jest sygnalizowana migającą lampką kontrolną, u innych świeci się ona stale albo gaśnie, a może jej też wcale nie być. Przed rozpoczęciem wszelkich czynności należy bezwzględnie zapoznać się ze wszystkimi szczegółami dotyczącymi budowy i działania danego układu.

Należy przestrzegać następujących ogólnych wytycznych dotyczących układów elektronicznych.

Nie wolno rozłączać złączy urządzeń elektronicznych, w tym również urządzeń sterujących, przy włączonym zapłonie lub podczas pracy układu. Powstające przy tym piki napięcia mogą prowadzić do zniszczenia elementów elektronicznych.

Pomiary rezystancji można przeprowadzać tyko po wyjęciu wtyku z gniazdka urządzenia sterującego albo innego podzespołu elektronicznego. Pomiary rezystancji urządzeń elektronicznych także mogą prowadzić do ich zniszczenia.

Należy używać tylko przyrządów do pomiaru napięcia o dużej rezystancji wewnętrznej. W przeciwnym razie wyniki pomiarów mogą być zafałszowane bądź też dodatkowy prąd płynący przez miernik może przeciążyć elementy elektroniczne.

Podczas spawania nadwozia należy odłączyć zasilanie elektryczne urządzeń sterujących (odłączyć akumulator). Uwaga: samodiagnozujące się urządzenia sterujące utracą przy tym dane o zapamiętanych usterkach. Zostaną stracone także wartości adaptacyjne.

Podczas suszenia nadwozia w kabinie lakierniczej nie wolno dopuścić do przegrzania urządzeń sterujących.

Pomiar spadku napięcia jest dokładniejszy od pomiaru rezystancji i dlatego, jeśli jest to możliwe, należy go preferować.

Należy pamiętać, że także mechaniczne elementy mogą się zepsuć albo być źródłem nieprawidłowego działania układu.

11.5. Wskazówki diagnostyczne

Po wystąpieniu nieprawidłowego działania układów elektronicznych, szczególnie jeżeli są to objawy sporadyczne, niezwykle ważne jest otrzymanie od klienta dokładnych objawów niesprawności. Chodzi tu także o informacje, w jakich okolicznościach występuje niesprawność.

Następnie należy odczytać zawartość pamięci diagnostycznej, jeśli układ ma funkcję samodiagnozowania.

Należy pamiętać, że w pamięci usterek jest zapisana tylko informacja o rodzaju błędu albo o brakującym lub nieprawidłowym sygnale. Nie ma tam informacji, który element uległ uszkodzeniu i co jest rzeczywistą przyczyną usterki. Jeżeli nie można od razu rozpoznać przyczyny usterki, należy ją koniecznie zlokalizować, aby wyelminować pojawianie się takich samych awarii w przyszłości.

Jeśli urządzenie sterujące nie ma funkcji samodiagnozowania albo w pamięci urządzenia nie zarejestrowano żadnych błędów, a także można wykluczyć usterkę mechaniczną, wtedy jest wskazane rozpoczęcie poszukiwania przyczyny błędu od ostatniego elementu na drodze sygnału wyjściowego najbardziej prawdopodobnego podzespołu.

Następnym krokiem jest sprawdzenie sygnału wyjściowego bezpośrednio w urządzeniu sterującym. Jeżeli urządzenie sterujące generuje prawidłowy sygnał, wówczas należy krok po kroku dalej podążać wzdłuż danej ścieżki. Kiedy sygnał wyjściowy z urządzenia sterującego jest niewłaściwy, albo nie ma go wcale, wtedy należy sprawdzić sygnały wejściowe bezpośrednio na urządzeniu sterującym. Sygnał nieprawidłowy należy prześledzić aż do miejsca przyczyny błędu. Zsumowanie różnych tolerancji w sygnałach także może być przyczyną niewielkich odchyłek.

Dopiero kiedy wszystkie sygnały wejściowe są prawidłowe, a mimo to sygnał wyjściowy z urządzenia sterującego jest nieprawidłowy, można uznać, że przyczyną usterki jest urządzenie sterujące.

Doświadczenie wskazuje, że urządzenia sterujące bardzo rzadko są przyczyną usterek.

Przykłady sposobów postępowania podczas poszukiwania usterek opisano w rozdziale 12. Podobnie można postępować ze wszystkimi układami elektronicznymi.

Podczas poszukiwania usterki trzeba zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe zasilanie napięciem urządzenia sterującego (włącznie z połączeniem z masą). Napięcie zasilające często jest także napięciem odniesienia, to znaczy podstawą różnych obliczeń i przetwarzania danych w urządzeniu sterującym. Z powodu

ewentualnych rezystancji przejść powstają niewłaściwe podstawy do obliczeń w urządzeniu sterującym, co powoduje zafałszowanie sygnałów wejściowych oraz sygnałów wyjściowych. Wchodzące do urządzenia sterującego i wychodzące z niego sygnały nie odzwierciedlają wówczas rzeczywistych warunków eksploatacyjnych.

Częstą przyczyną usterek jest – pomimo prawidłowego z wyglądu stanu wtyków – zła przewodność na stykach, spowodowana prawie niewidoczną ich korozją. Także wilgoć i obluzowane styki oraz „zimne" luty są częstą przyczyną „niewytłumaczalnych" usterek. Dość często nie zwraca się też uwagi na elementy mechaniczne jako źródła usterek w układach elektronicznych.

12. Układy zapłonowe

12.1. Bezstykowe sterowanie zapłonu

12.1.1. Zalety

Zadaniem układu zapłonowego jest wytworzenie **iskry zapłonowej o odpowiedniej energii** i we właściwej **chwili zapłonu** w celu zapalenia mieszanki paliwa z powietrzem. Im dokładniej zadanie jest wykonane, tym lepsze są osiągi i sprawność silnika. Oznacza to, że wówczas silnik jest oszczędny i ekonomiczny przy jak najmniejszej emisji szkodliwych gazów.

W ostatnich latach i dziesięcioleciach cele te są coraz ważniejsze. Stykowo sterowane układy zapłonowe nie potrafiły już dłużej sprostać wymaganiom. Nie można było już uzyskać dalszego wzrostu maksymalnej energii zapłonu, a stało się to niezbędne dla coraz oszczędniej i szybciej pracujących silników o wyższym ciśnieniu sprężania.

Stałe utrzymanie ustawionej chwili zapłonu nie było też możliwe z powodu wycierania się styków. Prowadziło to do wypadania zapłonu, powiązanego z większym zużyciem paliwa, a więc większą emisją szkodliwych składników spalin.

Elektronika umożliwiła bezstykowe (bez wycierania się styków) sterowanie chwilą zapłonu, które charakteryzuje zachowanie precyzyjnego ustawienia chwili zapłonu.

Na początek osiągnięto to dzięki sterowaniu indukcyjnemu (zapłon tranzystorowo-cewkowy z wyzwalaniem indukcyjnym – niemiecki skrót TSZ-i) albo dzięki wyzwalaniu impulsów za pomocą czujnika Halla (skrót niemiecki TSZ-h). Powstawanie sygnału i jego wyzwalanie opisano w następnych rozdziałach.

Oba rozwiązania są względnie tanie i niezbyt skomplikowane, stosowane są więc nadal w małych silnikach.

Najważniejszymi zaletami bezstykowo sterowanych układów zapłonowych są:

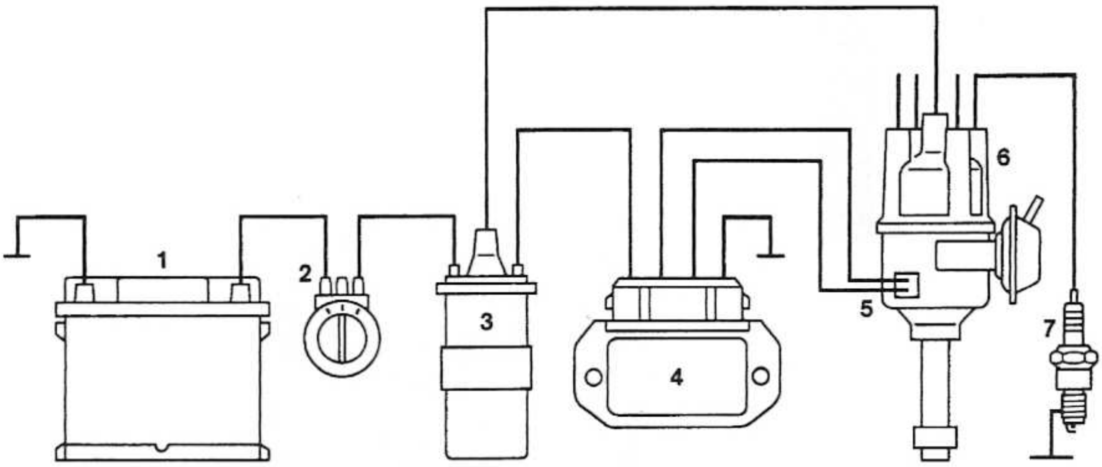
- bezobsługowość i trwałość,
- zachowanie ustawionej chwili zapłonu,
- umożliwienie działania przy większej prędkości obrotowej,
- sterowanie kątem zwarcia i ograniczanie prądu pierwotnego (dzięki cewkom zapłonowym o małej rezystancji szybciej powstaje pole magnetyczne i jest większa energia zapłonu przy wysokiej prędkości obrotowej),

- ❑ większe napięcie zapłonu,
- ❑ wyłączanie prądu spoczynkowego.

12.1.2. Budowa i działanie

Działanie układu zapłonowego (rys. 12.1) jest następujące.

Po włączeniu zapłonu za pomocą wyłącznika (2) do zacisku 15 cewki zapłonowej zostaje przyłożone napięcie akumulatora. Przez uzwojenie pierwotne popłynie prąd, kiedy sterownik (4) połączy zacisk 1 cewki z masą. Przerwanie prądu pierwotnego, następujące po sygnale elektronicznym (5), indukuje w uzwojeniu wtórnym wysokie napięcie zapłonu.



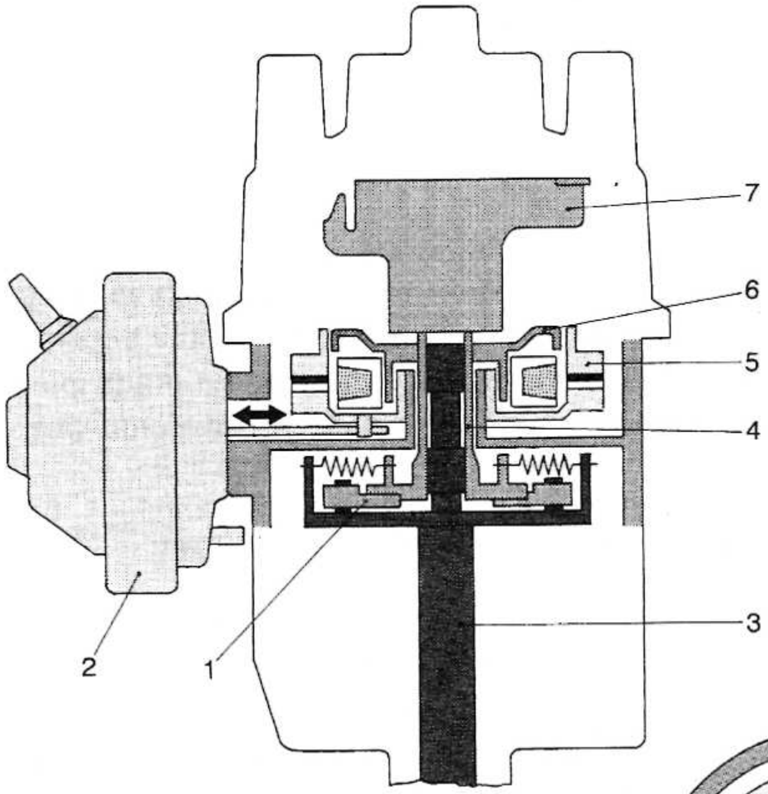
Rys. 12.1
Elementy składowe zapłonu tranzystorowego
1 – akumulator, 2 – wyłącznik zapłonu (stacyjka), 3 – cewka zapłonowa, 4 – sterownik, 5 – czujnik, 6 – rozdzielacz zapłonu, 7 – świeca zapłonowa

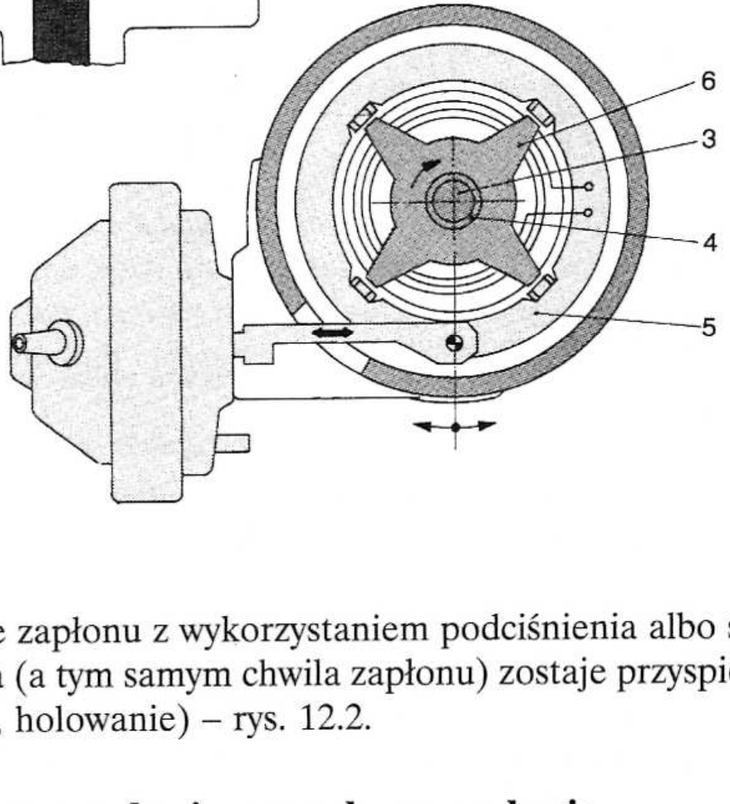
Wysokie napięcie zapłonu jest doprowadzane przez zacisk 4 cewki zapłonowej, za pośrednictwem rozdzielacza zapłonu, do świec zapłonowych w poszczególnych cylindrach.

Za pomocą sygnałów elektrycznych (sygnały czujników) sterownik rozpoznaje prędkość obrotową silnika i odpowiednio steruje kątem zwarcia (czasem zwarcia) i prądem w obwodzie pierwotnym. Przez zacisk 15 sterownik jest zasilany napięciem z akumulatora. Odpowiednio do prędkości obrotowej i napięcia akumulatora jest sterowany kąt zwarcia (czas przepływu prądu) tak, aby krótko przed wyzwoleniem iskry zapłonowej została osiągnięta zadana wartość prądu pierwotnego. Oznacza to, że przy większych prędkościach obrotowych albo przy niższym napięciu akumulatora zwiększa się kąt zwarcia.

Przy włączonym zapłonie i niepracującym silniku (brak sygnałów z czujnika) po krótkim czasie (z reguły jest to sekunda) prąd pierwotny jest odłączany elektronicznie. Po otrzymaniu sygnału z czujnika (np. podczas rozruchu) urządzenie sterujące jest gotowe do pracy.

W celu dopasowania chwili zapłonu do różnych warunków obciążenia oraz prędkości obrotowej, podobnie jak w stykowych układach zapłonowych, następuje me-





Rys. 12.2
Schemat współdziałania regulatora podciśnieniowego i odśrodkowego przy sterowaniu zapłonu przez czujnik indukcyjny
1 – regulator odśrodkowy, 2 – regulator podciśnieniowy z komorą podciśnieniową, 3 – wałek rozdzielacza zapłonu, 4 – wałek drążony, 5 – pierścień biegunowy, 6 – tarcza impulsowa, 7 – rozdzielacz
Jasnoszare – elementy regulatora podciśnieniowego,
Ciemnoszare – elementy regulatora odśrodkowego

chaniczne przestawienie zapłonu z wykorzystaniem podciśnienia albo siły odśrodkowej. Sygnał z czujnika (a tym samym chwila zapłonu) zostaje przyspieszony albo opóźniony (bieg jałowy, holowanie) – rys. 12.2.

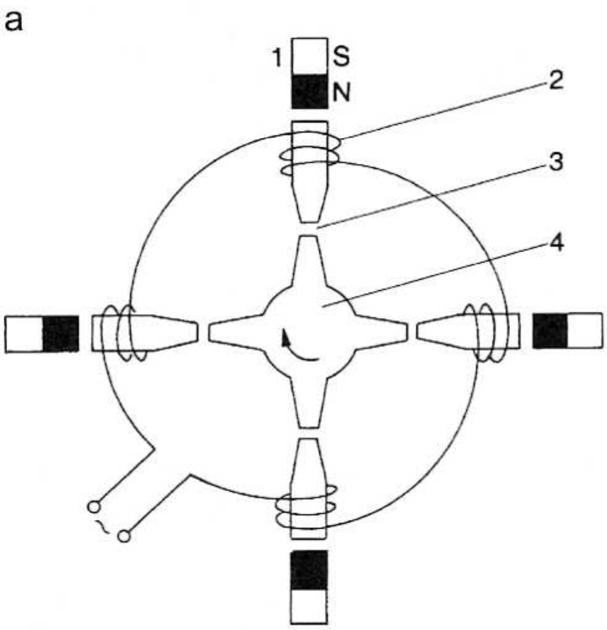
12.1.3. Indukcyjne wyzwalanie sygnału w zapłonie tranzystorowym

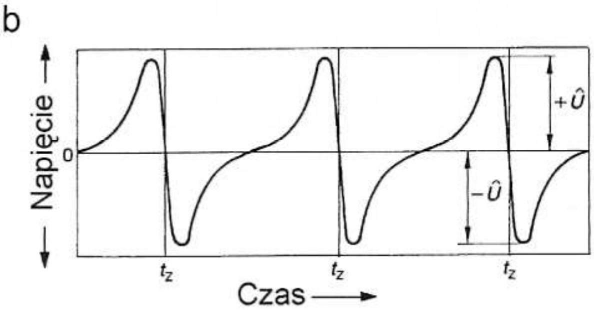
Na skutek zmian pola magnetycznego w wyniku obracania się tarczy impulsowej (wirnik) w uzwojeniu indukcyjnym (stojan) jest wytwarzane napięcie przemienne (rys. 12.3b). Napięcie wzrasta w miarę zbliżania się garbów wirnika do biegunów stojana.

Pozytywna półfala napięcia osiąga największą wartość, gdy odstęp między garbami wirnika i biegunami stojana jest najmniejszy. Ze wzrostem tego odstępu pole magnetyczne gwałtownie zmienia swój kierunek i napięcie staje się przeciw-

ne. W chwili przerwania przez sterownik prądu pierwotnego (t_z) jest wyzwalany zapłon.

Liczba garbów wirnika i biegunów stojana na ogół odpowiada liczbie cylindrów. Wirnik obraca się o połowę wolniej od wału korbowego. Napięcie maksymalne ($\pm U$) wynosi przy małej prędkości obrotowej ok. 0,5 V, a przy dużej prędkości do ok. 100 V.

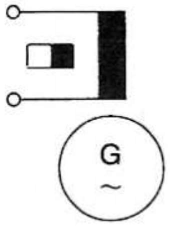




Rys. 12.3
Indukcyjny czujnik sterowania zapłonu
a) zasada działania
1 – magnes trwały, 2 – uzwojenie indukcyjne z rdzeniem, 3 – zmieniająca się szczelina powietrzna, 4 – tarcza impulsowa
b) przebieg w czasie wytworzonego przez czujnik napięcia przemiennego
t_z – chwila zapłonu

Sprawdzenia chwili zapłonu można dokonać tylko podczas pracy silnika, ponieważ bez obracającego się wirnika nie następuje zmiana pola magnetycznego, a tym samym nie może powstać sygnał.

Symbol graficzny

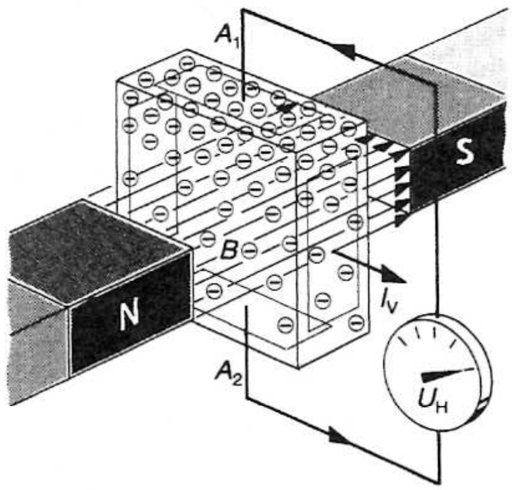


12.1.4. Emitowanie sygnału przez czujnik Halla

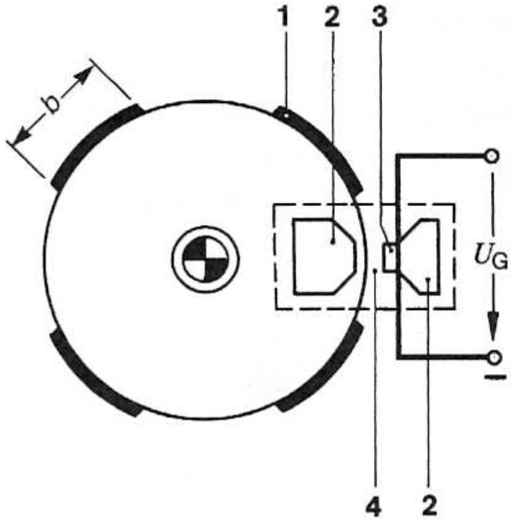
Inną możliwością bezstykowego sterowania zapłonu jest czujnik Halla.

Czujnik Halla jest dość często stosowany do wyzwalania zapłonu po zamianie układu zapłonowego ze stykowego na bezstykowy. Czujnik Halla można zamontować zamiast przerywacza zapłonu na tej samej ruchomej płytce nośnej. Dzięki temu można nadal wykorzystywać ten sam rozdzielacz zapłonu.

Emitowanie sygnału przez czujnik Halla jest oparte na zjawisku Halla (określenie od nazwiska odkrywcy, rys. 12.4). W przewodzie, przez który płynie prąd elektryczny, strumień elektronów zostaje odchylony przez zewnętrzne pole magnetyczne prostopadle do kierunku przepływu prądu i prostopadle do kierunku pola ma-



Rys. 12.4
Efekt Halla
A_1, A_2 – złącza warstwy Halla: U_H – napięcie Halla: B – pole elektromagnetyczne (gęstość strumienia): I_V – trwały prąd zasilania

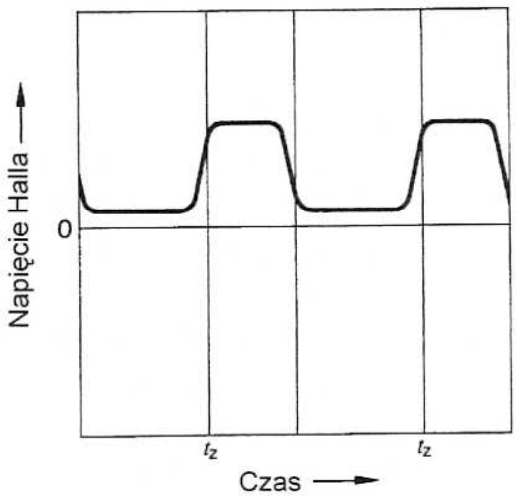


Rys. 12.5
Zasada działania czujnika Halla
1 – przesłona o szerokości b; 2 – miękkie magnesy prowadzące; 3 – czujnik Halla; 4 – szczelina powietrzna

gnetycznego. W specjalnych półprzewodnikach można osiągnąć szczególnie silny efekt Halla. Układ scalony (integrated circuit, IC) w czujniku Halla dodatkowo wzmacnia sygnał (rys. 12.5).

Wirująca przesłona ze szczelinami (oknami) przecina linie pola magnetycznego oddziałującego na czujnik Halla. Kiedy pomiędzy magnesami prowadzącymi znajdzie się okno, wtedy powstaje napięcie Halla. Jeżeli w szczelinie powietrznej pomiędzy magnesami znajdzie się przesłona, wówczas linie pola magnetycznego nie mogą oddziaływać na czujnik Halla i napięcie jest bliskie zeru. Chociaż pozostaje niewielkie pole rozproszenia, to zmieniające się napięcie Halla jest precyzyjnym sygnałem sterującym zapłonem (rys. 12.6).

Liczba okien zwykle odpowiada liczbie cylindrów. Przesłona jest osadzona na wałku rozdzielacza zapłonu i obraca się z prędkością o połowę mniejszą od wału korbowego. W celu przestawienia kąta wyprzedzenia zapłonu płytka, na której jest zamocowany czujnik Halla, jest przestawiana mechanicznie, zgodnie z poznanymi wcześniej zasadami. Wyzwolenie zapłonu następuje w chwili włączenia czujnika



Rys. 12.6
Przebieg napięcia Halla

Halla (t_z), to znaczy kiedy przez okno w przesłonie linie pola magnetycznego przejdą przez czujnik Halla. Regulacja zapłonu może zostać przeprowadzona także przy niepracującym silniku (zgodnie z instrukcją producenta).

12.1.5. Wykrywanie usterek zapłonu sterowanego bezstykowo

Podczas poszukiwania usterki zapłonu sterowanego bezstykowo należy przestrzegać:

Współczesne układy zapłonowe mają dużą moc, dlatego stwarzają zagrożenie życia po dotknięciu elementów znajdujących się pod napięciem i to zarówno w obwodzie pierwotnym, jak i wtórnym. Przed rozpoczęciem wszelkich czynności przy układzie zapłonowym należy bezwzględnie wyłączyć zapłon albo odłączyć zasilanie!

Zanim rozpoczniemy wykrywanie usterek przypomnijmy sobie podstawowe zadanie układu zapłonowego: wytwarzanie iskry zapłonowej o właściwej energii we właściwej chwili.

Na początku powinniśmy więc ustalić, czy w ogóle jest iskra. Najszybsza próba polega na podłączeniu do przewodu wysokiego napięcia nowej świecy (świeca styka się z masą) i uruchomieniu na krótko silnika. Przeskakująca między elektrodami iskra będzie widoczna.

Jeżeli nie ma iskry, oglądamy starannie wszystkie elementy układu zapłonowego, czy nie mają uszkodzeń zewnętrznych (pęknięcia, obtarcia) oraz sprawdzamy, czy zaciski i połączenia nie są obluzowane, skorodowane lub zawilgocone.

Jeżeli nie zauważymy żadnych widocznych usterek, to rozpoczynamy sprawdzanie układu zapłonowego od końca, to jest od świecy zapłonowej, poprzez przewody wysokiego napięcia, ich połączenia ze świecami i rozdzielaczem zapłonu, przewody od rozdzielacza do cewki zapłonowej i od cewki do urządzenia sterującego. Sprawdzamy wszystkie wejścia urządzenia sterującego.

Dokładnie w takiej kolejności opisano na rysunku 12.7 wszystkie czynności sprawdzające i możliwości odpowiednich pomiarów.

Jest bardzo ważne, czy nie ma iskry tylko na jednej świecy zapłonowej, czy na wszystkich. Kiedy nie ma iskry tylko na jednej świecy, wtedy usterka występuje tylko między tą świecą i rozdzielaczem zapłonu. Sprawdzamy przewód między rozdzielaczem i świecą, mierząc jego rezystancję. Rezystancje zacisków na świecy i rozdzielaczu się sumują. Nie można sprawdzać w ten sposób specjalnych przewodów o równomiernie rozłożonej rezystancji. Konieczne są wówczas szczypce indukcyjne, którymi obejmuje się przewód i sprawdza, czy przenosi on napięcie zapłonu. Ponadto należy próbnie wymienić przewód na nowy.

Po ustaleniu, że przewód wysokiego napięcia jest sprawny sprawdzamy rozdzielacz zapłonu i kopułkę. Oglądamy, czy nie są wypalone złącza albo nie jest uszkodzona kopułka.

Gdy nie ma iskry na wszystkich świecach, wówczas jest bardzo prawdopodobne, że nie ma wyzwalania energii zapłonu i usterki należy szukać w rozdzielaczu zapłonu oraz wejściach urządzenia sterującego. Rozpoczynamy od rozdzielacza, postę-

pując podobnie jak wyżej opisano (oględziny, pomiar rezystancji). Takie same czynności wykonujemy, sprawdzając przewód wysokiego napięcia między rozdzielaczem i cewką.

Następnie mierzymy rezystancję cewki zapłonowej. Pomiaru obwodu pierwotnego dokonujemy pomiędzy zaciskami 1 i 15. Obwód wtórny jest mierzony między zaciskami 4 i 1. Wyniki obu pomiarów powinny pokrywać się z wartościami podanymi przez producenta. Może się zdarzyć, że przerwy w obwodzie pierwotnym albo wtórnym występują dopiero w wysokich temperaturach. Wypadanie zapłonu jest wówczas obserwowane tylko przy dużej prędkości obrotowej, a więc przy wysokiej temperaturze silnika.

Podczas pomiaru rezystancji cewki zapłonowej należy odłączyć od niej wszystkie przewody.

Ponadto należy sprawdzić zasilanie cewki prądem na zacisku 15. Zmierzona wartość powinna być bliska napięciu akumulatora (pomniejszona o stratę napięcia na rezystorze wstępnym). Na zacisku 1 może być także skontrolowany kąt zwarcia i współczynnik trwania impulsu. Podczas regulacji kąta zwarcia przez urządzenie sterujące na biegu jałowym jego wartość wynosi 5% do 15%. Ze wzrostem prędkości obrotowej kąt zwarcia się zwiększa. W starszych konstrukcjach samochodów o zapłonie bezstykowym nie ma regulacji kąta zwarcia; pozostaje on cały czas bez zmian.

Jeżeli cewka jest sprawna, ale na zacisku 15 nie stwierdzimy napięcia, to należy sprawdzić przewód biegnący od cewki do stacyjki.

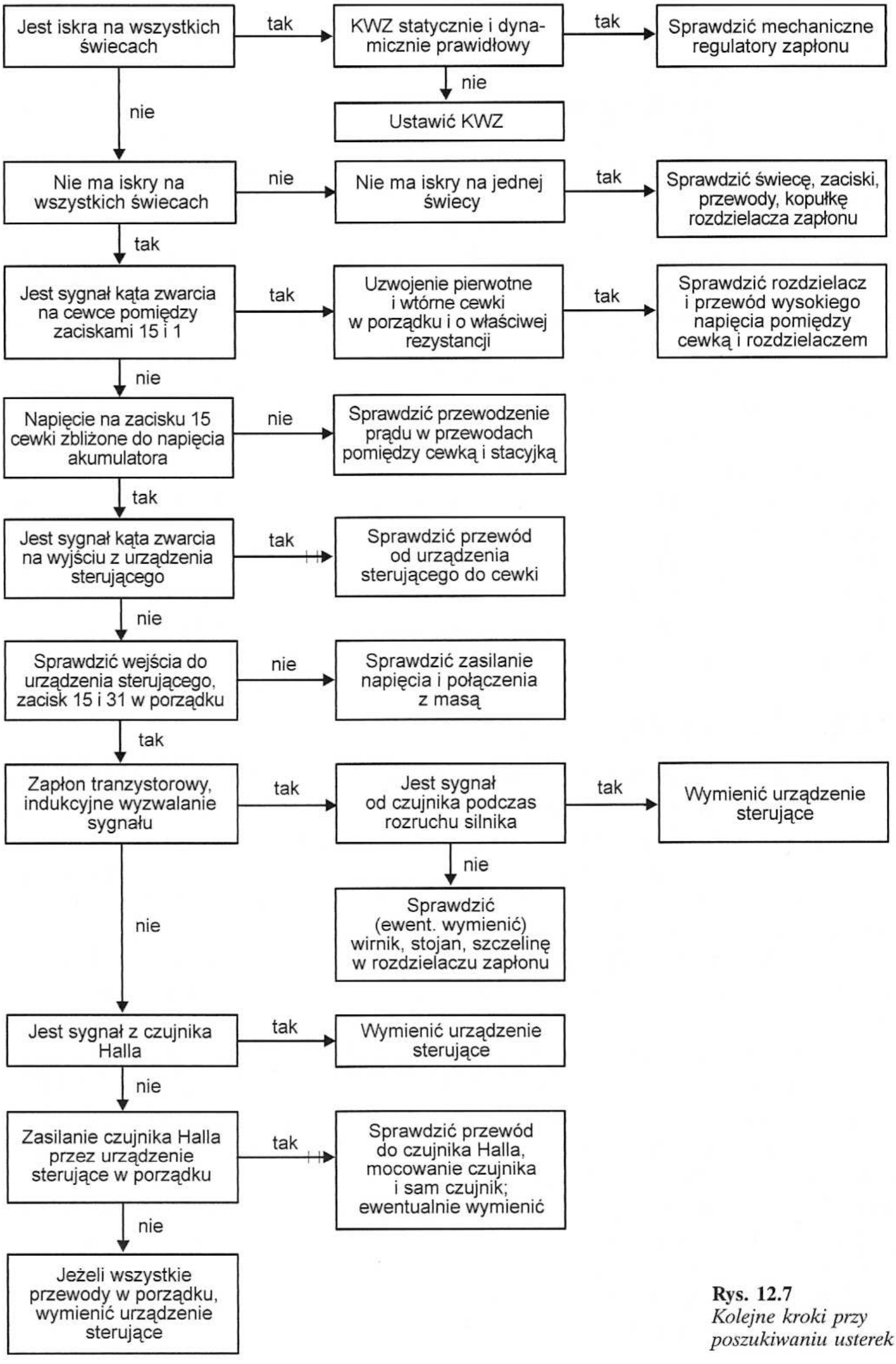
Jeżeli na zacisku 15 jest napięcie, ale nie ma regulacji kąta zwarcia i nie można zmierzyć współczynnika trwania impulsu, to należy sprawdzić, czy urządzenie sterujące wysyła odpowiedni sygnał. Przy braku sygnału jest konieczne sprawdzenie wszystkich wejść urządzenia sterującego. Najpierw upewniamy się, czy urządzenie sterujące jest w ogóle zasilane prądem; na zacisku 15 powinien być sygnał wejściowy. Zacisk 31 natomiast musi mieć dobre połączenie z masą. Jeśli zasilanie i masa są sprawne, sprawdzamy wejście wyzwalające zapłon. Sposób postępowania zależy od rodzaju układu (sterowanie indukcyjne lub czujnik Halla).

Przy sterowaniu indukcyjnym na zacisku 7 za pomocą oscyloskopu można sprawdzić sygnał wyzwalający zapłon. Nie mając oscyloskopu możemy zmierzyć napięcie przemienne. Wartość napięcia waha się pomiędzy 0,5 V i 100 V, zależnie od prędkości obrotowej silnika.

Przy sterowaniu czujnikiem Halla sprawdzamy na odpowiednim zacisku sygnał z czujnika, mierząc współczynnik trwania impulsu. W zależności od producenta, w chwili rozruchu silnika współczynnik ten powinien wynosić 10% do 30%. Przy braku sygnału z czujnika Halla należy sprawdzić, czy jest on zasilany prądem. Koniecznie należy również sprawdzić, czy wszystkie przewody łączące przewodzą prąd.

Czujnik Halla może zostać zniszczony podczas pomiaru rezystancji!

Po upewnieniu się, że wszystkie elementy układu zapłonowego są elektrycznie sprawne, przystępujemy do drugiej części zadania. Sprawdzamy, czy iskra elektryczna pojawia się w odpowiedniej chwili.



Rys. 12.7
Kolejne kroki przy poszukiwaniu usterek

Można to sprawdzić zarówno statycznie (przy nieruchomym silniku), jak i dynamicznie (przy średniej prędkości obrotowej silnika). Należy także sprawdzić zużycie i poprawne działanie wszystkich elementów mechanicznych układu regulacji.

Sprawdzenia odśrodkowego regulatora wyprzedzenia zapłonu dokonujemy po odłączeniu podciśnieniowego regulatora wyprzedzenia zapłonu za pomocą lampy stroboskopowej, stopniowo zwiększając prędkość obrotową silnika. Kąt wyprzedzenia zapłonu powinien zwiększyć się o ustaloną przez producenta wartość, w wyznaczonym przez niego zakresie obrotów.

Podciśnieniowy regulator wyprzedzenia zapłonu można dość prosto sprawdzić na pracującym silniku za pomocą lampy stroboskopowej, zdejmując i zakładając końcówkę przewodu podciśnienia. Obserwujemy przy tym, w jakim zakresie zmienia się kąt wyprzedzenia zapłonu. Zmniejszenie kąta wyprzedzenia zapłonu powinno nastąpić przy prędkości obrotowej biegu jałowego, przyspieszenie zaś zapłonu przy 2000 ... 3000 obr/min. Dokładne wartości podano w instrukcjach poszczególnych producentów.

Przyczyną nieprawidłowego działania odśrodkowego regulatora wyprzedzenia zapłonu mogą być wyrobiony wałek rozdzielacza zapłonu, skorodowane ciężarki albo uszkodzone sprężyny. Zależne od obciążenia mechaniczno-pneumatyczne regulatory kąta wyprzedzenia zapłonu mogą nieprawidłowo działać nie tylko z powodu uszkodzenia komory podciśnienia (np. nieszczelność, zesztywnienie przepony), uszkodzeń mechanicznych lub nieszczelnych przewodów podciśnienia, lecz także z powodu źle ustawionej przepustnicy (w wyniku innych czynników).

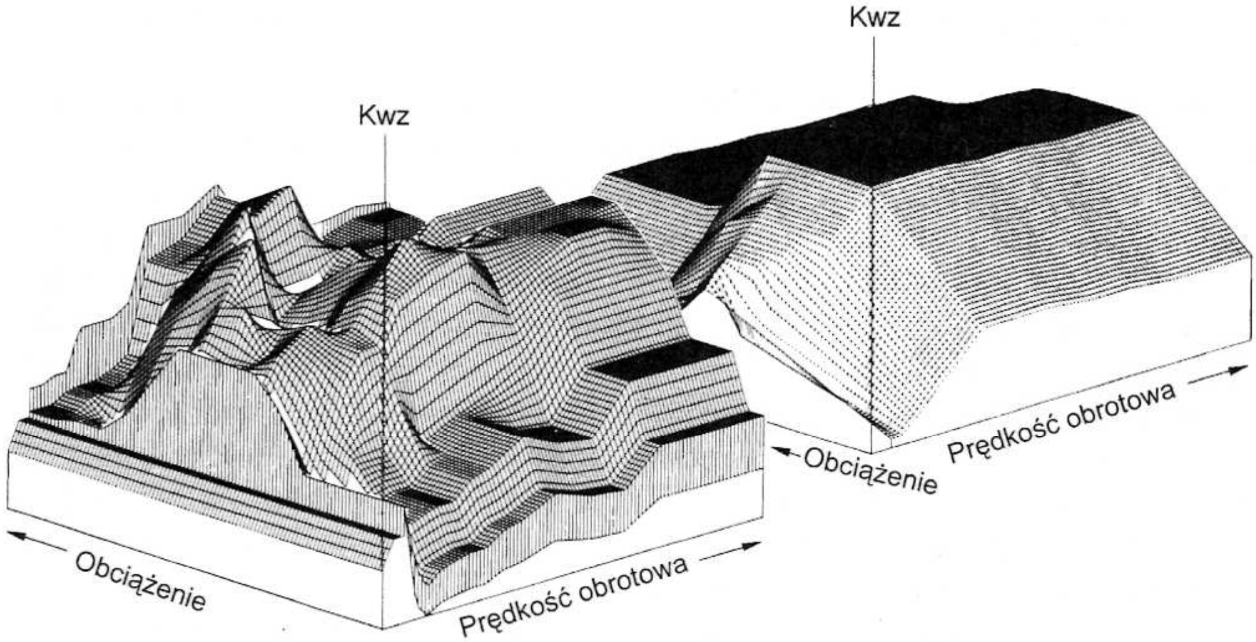
12.2. Zapłon elektroniczny

W bezstykowym zapłonie tranzystorowym ustawienie chwili zapłonu może być zachowane prawie przez cały okres trwałości układu. Z powodu mechanicznego sposobu ustawiania występuje jednak względnie wąski zakres regulacji, według prostoliniowej charakterystyki. W pewnych warunkach pracy silnika różnice w stosunku do optymalnej chwili zapłonu mogą być względnie duże. W niektórych punktach pola pracy silnika może dochodzić do spalania stukowego.

Rozwiązaniem jest zapłon elektroniczny, który w każdych warunkach gwarantuje optymalną chwilę zapłonu, nie związaną z sąsiednimi punktami pola pracy silnika.

Tak zwana mapa zapłonu (rys. 12.8) powstała w wyniku prac badawczo-rozwojowych silników. Jest ona zapisana w pamięci urządzenia sterującego. Im dokładniej warunki pracy silnika zostaną ustalone przez czujniki, tym lepiej będzie określona, optymalna w danych warunkach chwila zapłonu. Zapłon elektroniczny jest często zintegrowany z innymi układami, np. z układem wtryskowym, w jednym urządzeniu sterującym (np. układ Motronic). Bardzo często układ jest wyposażony w pamięć diagnostyczną i wartości zastępcze na wypadek wykrycia nieprawidłowych sygnałów wejściowych.

Regulacja czasu zwarcia, ograniczenia prądu pierwotnego i wyłączania prądu spoczynkowego są umieszczone w urządzeniu sterującym.



Rys. 12.8
Optymalna charakterystyka KWZ (elektroniczna mapa zapłonu) – po lewej, w porównaniu z charakterystyką zapłonu regulowanego mechanicznie – po prawej

12.2.1. Schemat funkcjonalny z wejściami i wyjściami urządzenia sterującego

W celu ustalenia warunków pracy silnika procesor urządzenia sterującego potrzebuje wielu informacji wejściowych (rys. 12.9).

Niezbędne sygnały wejściowe	Przetwarzanie			Sygnały wyjściowe
Prędkość obrotowa i położenie wału korbowego	→	URZĄDZENIE STERUJĄCE	→	Sygnał td (do obrotomierza, zintegrowanego wskaźnika, układu wtryskowego)
Obciążenie	→			
Temperatura silnika	→			
Zapłon, zacisk 15	→		→	Sygnał pierwotny dla cewki zapłonowej
Masa, zacisk 31	→			
Dalsze możliwe sygnały wejściowe				
Temperatura powietrza dolotowego	→			
Sterownik przepustnicy	→			
Złącze kodowe	→			
Czujnik(i) spalania stukowego	→			
Napięcie akumulatora, zacisk 30	→			
Sygnał włączenia automatycznej skrzynki przekładniowej	→			

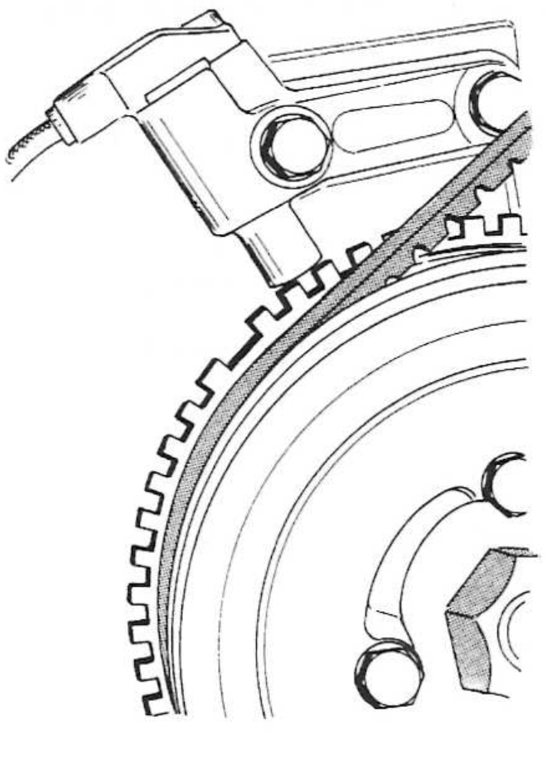
Rys. 12.9
Schemat funkcjonalny zapłonu elektronicznego

12.2.2. Najważniejsze sygnały wejściowe do obliczania KWZ

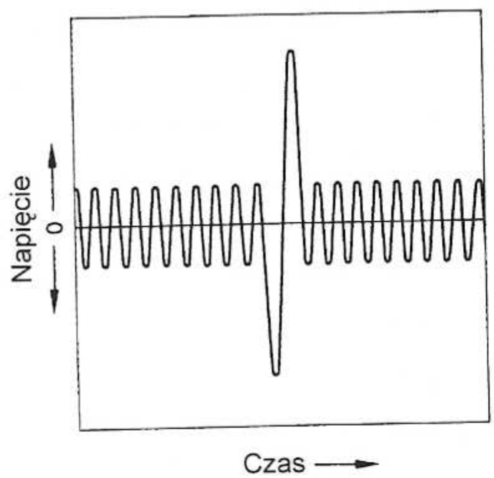
Prędkość obrotowa i punkt odniesienia (położenie wału korbowego) są najważniejszymi informacjami dla urządzenia sterującego. Pomiar jest dokonywany czujnikiem indukcyjnym (TSZ-i) albo czujnikiem Halla (TSZ-h) patrz podrozdział 12.1.1.

Odpowiedni czujnik może być umieszczony w rozdzielaczu zapłonu. Istnieje także możliwość pomiaru prędkości obrotowej i położenia wału korbowego za pomocą czujnika indukcyjnego o płaskim rdzeniu. Prędkość obrotową mierzy on posługując się zębami koła zamachowego jako tarczy impulsowej. Dodatkowy czujnik ustala wówczas położenie wału korbowego również wykorzystując koło zamachowe.

Innym rozwiązaniem jest tarcza zębata z poszerzonym wrębem (brak jednego zęba) umieszczona na tłumiku drgań lub kole pasowym wału korbowego. Czujnik indukcyjny z płaskim rdzeniem (rys. 12.10) mierzy zarówno prędkość obrotową, jak i punkt odniesienia (szerszy wrąb uzębienia). Jego sygnały są przetwarzane w urządzeniu sterującym. Sygnały można sprawdzać za pomocą oscyloskopu (rys. 12.11). Brak sygnałów wejściowych uniemożliwia obliczenie KWZ, a tym samym ustalenie chwili zapłonu. Do obliczeń nie można wykorzystać żadnych zaprogramowanych w urządzeniu sterującym wartości zastępczych.



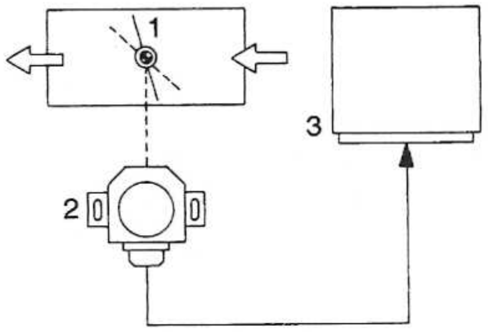
Rys. 12.10
Koło zębate (na wale korbowym) z czujnikiem indukcyjnym



Rys. 12.11
Przebieg napięcia indukcyjnego

Obciążenie jest dla urządzenia sterującego drugim podstawowym kryterium do obliczenia KWZ. Za pomocą przewodu ciśnienie w przewodzie dolotowym (podciśnienie) oddziałuje na czujnik ciśnienia w urządzeniu sterującym. Na tej podstawie jest obliczane obciążenie silnika. W celu zapewnienia bezbłędnych obliczeń przewód pomiarowy podciśnienia musi być szczelny, nie może być zniekształcony ani uszkodzony w żaden inny sposób.

W samochodach wyposażonych w elektroniczny układ wtryskowy urządzenie sterujące układu zapłonowego otrzymuje informację o obciążeniu silnika z układu



Rys. 12.12
Czujnik położenia przepustnicy
1 - przepustnica
2 - czujnik położenia przepustnicy
3 - urządzenie sterujące

wtryskowego w postaci sygnału o prostokątnej charakterystyce. Poprawność sygnału jest sprawdzana współczynnikiem trwania impulsu.

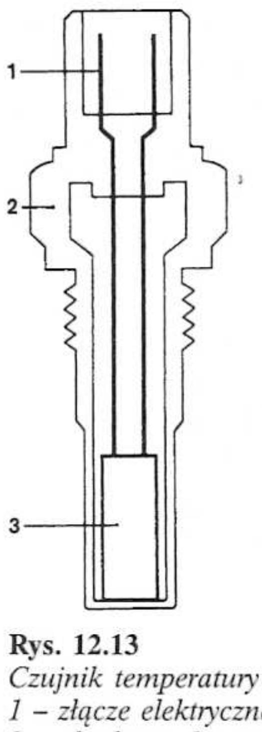
Informacje o obciążeniu silnika mogą być również otrzymywane za pośrednictwem potencjometrycznego czujnika położenia przepustnicy (rys. 12.12). Zmieniającą się wartość rezystancji urządzenie sterujące rozpoznaje w postaci odpowiedniego spadku napięcia na potencjometrze.

Brak informacji w urządzeniu sterującym o obciążeniu silnika umożliwia jedynie pracę w trybie awaryjnym; w celu ochrony silnika jest ustawiany wówczas najpóźniejszy zapłon.

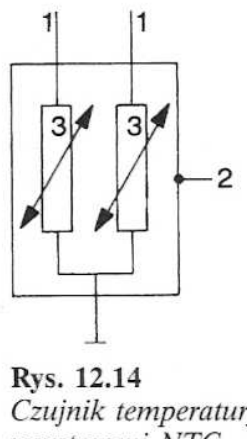
Temperatura silnika jest mierzona czujnikiem NTC, umieszczonym w cieczy chłodzącej silnik (rys. 12.13). Temperatura jest parametrem korekcyjnym do obliczeń KWZ przez urządzenie sterujące.

Czujnik NTC sprawdza się mierząc jego rezystancję. Należy przy tym upewnić się, czy w obudowie czujnika znajduje się jeden czy dwa rezystory NTC (rys. 12.14).

W razie braku informacji o temperaturze silnika do obliczeń jest przyjmowana wartość zastępcza (temperatura pracy ok. 80–110°C) i wybierany mniejszy KWZ. Dzięki temu silnik jest chroniony, lecz zmniejszają się jego osiągi.



Rys. 12.13
Czujnik temperatury
1 - złącze elektryczne,
2 - obudowa, 3 - rezystor NTC



Rys. 12.14
Czujnik temperatury z dwoma rezystorami NTC
1 - złącze elektryczne, 2 - obudowa,
3 - rezystory NTC

Po **włączeniu zapłonu** (stacyjki) urządzenie sterujące jest zasilane prądem i gotowe do pracy.

W zależności od wartości napięcia urządzenie sterujące koryguje czas zwarcia (kąt zwarcia), aby zapewnić dostatecznie silne pole magnetyczne w uzwojeniu pierwotnym, nawet przy najmniej korzystnych wartościach napięcia. Jednak bez odpowiedniego zasilania elektrycznego urządzenie sterujące nie będzie pracować. Musi być także zapewnione dobre połączenie z masą (nadwoziem).

12.2.3. Dodatkowe sygnały wejściowe

Wymienione wyżej sygnały są niezbędnymi sygnałami wejściowymi elektronicznego zapłonu. Opisane dalej dodatkowe informacje (jedna lub więcej) mogą być zbierane w celu dalszej optymalizacji obliczeń KWZ.

Napięcie akumulatora (zacisk 30) nie powinno być odłączane, jeżeli urządzenie sterujące jest wyposażone w pamięć diagnostyczną.

W razie braku napięcia akumulatora (np. po wyciągnięciu wtyku) urządzenie sterujące traci zapisane w pamięci kody usterek. Dlatego poszukiwanie usterek należy zawsze zaczynać od odczytania zawartości pamięci kodów usterek urządzenia sterującego.

Temperatura powietrza dolotowego jest wykorzystywana przez urządzenie sterujące do jeszcze dokładniejszej regulacji KWZ. Sygnał pochodzi od czujnika NTC (wyjątkowo PTC) zamontowanego w układzie zasilania. Wartość zastępcza temperatury wynosi 20 do 40°C. Sprawdzanie rezystora NTC polega na pomiarze jego rezystancji. Wartości są takie same jak dla czujnika NTC do pomiaru temperatury cieczy chłodzącej (przy 20°C zwykle rezystancja wynosi 2,5 kΩ ± 10%).

Za pomocą **stycznika przepustnicy** (rys. 12.15) są wybierane w urządzeniu sterującym charakterystyki prędkości obrotowej biegu jałowego i pełnego obciążenia, kiedy zamknięty jest zestyk obrotów biegu jałowego albo zestyk obrotów pełnego obciążenia. Jeżeli w układzie występuje czujnik położenia przepustnicy (w celu zbierania informacji o obciążeniu silnika), to stycznik przepustnicy nie jest potrzebny.

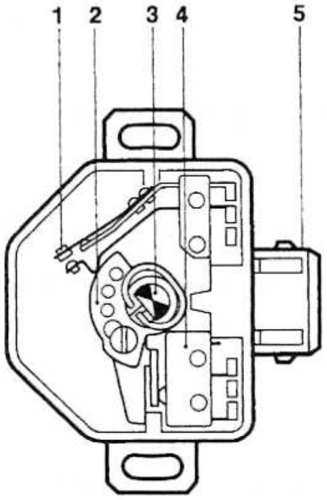
Prawidłowość działania poszczególnych zestyków stycznika sprawdza się mierząc rezystancję i poruszając przepustnicą.

Zestyk biegu jałowego powinien zadziałać tuż przed całkowitym zamknięciem przepustnicy. Jeżeli tak nie jest, należy odpowiednio wyregulować jego położenie wykorzystując wydłużone otwory w obudowie stycznika.

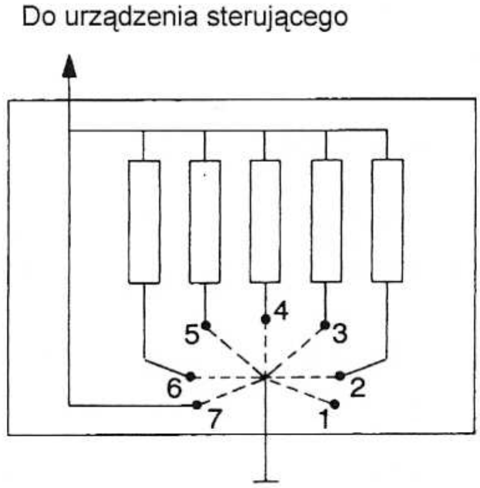
Błędne sygnały (lub ich brak) ze stycznika przepustnicy są przyczyną znacznej nierównomierności prędkości obrotowej biegu jałowego.

Przez **złącze kodowania** liczby oktanowej paliwa (rys. 12.16) w urządzeniu sterującym można wybierać różne mapy zapłonu, czyli charakterystyki KWZ, odpowiednio do liczby oktanowej spalanego paliwa.

Sprawdzanie złącza polega na pomiarze rezystancji w różnych konfiguracjach połączeń i porównywanie wyników z wartościami podanymi przez producenta. Przy nieprawidłowym wyborze albo braku sygnału ze złącza kodowania liczby oktano-



Rys. 12.15
Stycznik przepustnicy
1 – zestyk pełnego obciążenia, 2 – krzywka sterująca, 3 – wałek przepustnicy, 4 – zestyk biegu jałowego, 5 – złącze elektryczne

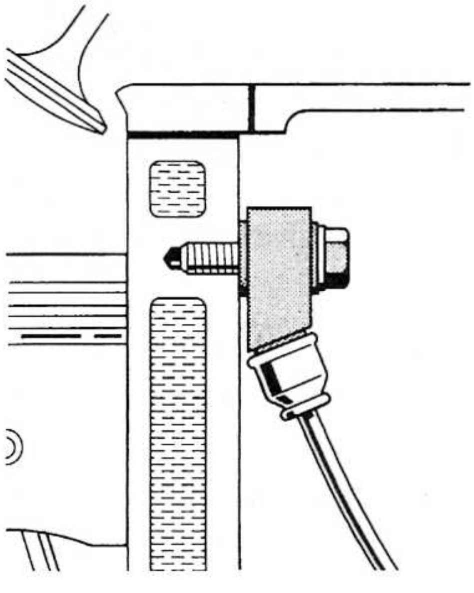


Rys. 12.16
Złącze kodowania liczby oktanowej

wej urządzenie sterujące może wykorzystywać niewłaściwą mapę kąta wyprzedzenia zapłonu. Wynikiem tego będzie zmniejszenie mocy silnika (przy zbyt późnym KWZ) albo nawet jego uszkodzenie (przy zbyt wczesnym zapłonie).

Lepszym rozwiązaniem przystosowania do różnej liczby oktanowej spalanego paliwa jest zastosowanie **czujnika spalania stukowego.** Umieszczony w kadłubie silnika czujnik rejestruje najmniejsze nawet objawy spalania detonacyjnego i wysyła sygnał do urządzenia sterującego. Na jego podstawie jest regulowany odpowiednio KWZ (w tym przypadku zmniejszany, np. o 3° w każdym kroku regulacji). Jeżeli urządzenie sterujące przestanie otrzymywać sygnały o spalaniu detonacyjnym, następuje stopniowy powrót do pierwotnego ustawienia KWZ (także stopniowo, np. po 0,5°).

Zmiana KWZ może dotyczyć wszystkich cylindrów albo tylko jednego (selektywnie). Montuje się jeden czujnik albo kilka (rys. 12.17). Dzięki regulacji spalania



Rys. 12.17
Czujnik spalania stukowego jako szerokopasmowy rejestrator przyspieszenia o częstotliwości własnej ponad 25 kHz

stukowego można poruszać się po całej mapie zapłonu aż do granicy spalania stukowego, bez potrzeby pozostawiania marginesu bezpieczeństwa. Zwiększa to efektywność wykorzystania paliwa i zabezpiecza przed szkodliwym wpływem spalania stukowego na silnik, nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach eksploatacji.

Sygnał piezoceramicznego czujnika spalania stukowego ma bardzo wysoką częstotliwość i dlatego przewody łączące muszą być ekranowane. Każdy czujnik spalania stukowego jest w sposób ciągły nadzorowany przez urządzenie sterujące. Brak sygnału albo nieprawidłowy sygnał tego czujnika jest rejestrowany w pamięci diagnostycznej i jednocześnie następuje opóźnienie KWZ.

Nie jest możliwe wiarygodne sprawdzenie czujnika spalania stukowego na drodze różnych pomiarów. Można jedynie sprawdzić styki we wtyku. Jeżeli jest zamontowanych kilka czujników, nie można zamieniać miejscami wtyków.

Warto zwrócić uwagę na jeszcze jeden czynnik wpływający na wybór KWZ. **Sygnał włączenia** elektronicznie regulowanej, automatycznej skrzynki przekładniowej (automatycznej skrzyni biegów) jest dla urządzenia sterującego poleceniem zmniejszenia KWZ. Umożliwia to płynne rozpoczęcie jazdy.

12.2.4 Sygnały wyjściowe oraz wskazówki do wykrywania usterek

Po otrzymaniu odpowiednich sygnałów wejściowych (przewidzianych dla danej konstrukcji układu zapłonowego) i po ich przetworzeniu urządzenie sterujące wysyła do zacisku 1 cewki zapłonowej sygnał sterujący, zapewniający wytworzenie dostatecznie silniej iskry zapłonowej, we właściwej chwili. Rozdzielacz zapłonu przejmuje w zasadzie tylko rolę rozdzielenia wysokiego napięcia na poszczególne cylindry. Dlatego dość często jest on umieszczany na tylnym końcu wału rozrządu bezpośrednio napędzającego rozdzielacz.

Wychodzący również z urządzenia sterującego sygnał jest informacją o prędkości obrotowej dla różnych innych urządzeń sterujących i instrumentów. Jest to sygnał o prostokątnej charakterystyce, mierzony współczynnikiem trwania impulsu.

Wykrywanie usterek, także w tym przypadku, należy rozpocząć od świecy zapłonowej i sprawdzać kolejno elementy aż do urządzenia sterującego (podobnie jak w zapłonach tranzystorowych TSZ-i oraz TSZ-h). Następnie sprawdzamy sygnał wychodzący do zacisku 1 cewki zapłonowej za pomocą współczynnika trwania impulsu albo kąta zwarcia. Przy braku sygnału należy sprawdzić wszystkie sygnały wejściowe. Jeżeli wszystkie sygnały występują i mieszczą się w granicach tolerancji, to jest konieczna wymiana urządzenia sterującego.

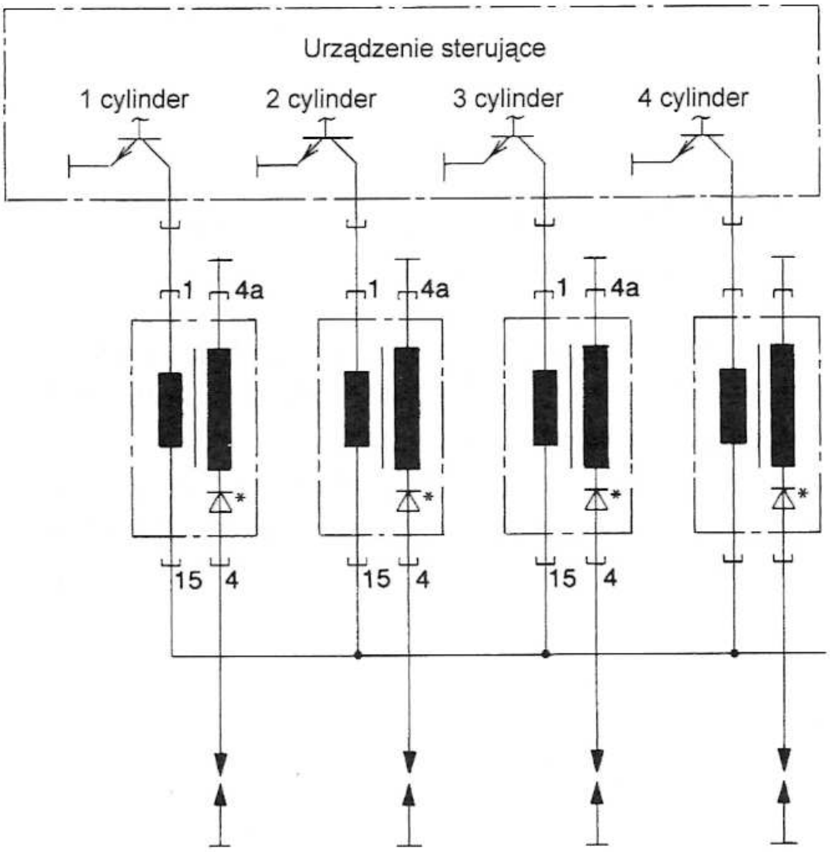
Zawsze należy najpierw usuwać usterki na elementach początkowych lub końcowych układu. Zapobiegnie to uszkodzeniu urządzenia sterującego podczas jego „próbnej" wymiany.

W urządzeniach sterujących, wyposażonych w funkcję samodiagnozy, przed rozpoczęciem wykrywania usterek należy odczytać zawartość pamięci diagnostycznej.

12.3. Zapłon całkowicie elektroniczny

12.3.1. Budowa i zalety statycznego rozdzielania wysokiego napięcia

Całkowicie elektroniczny układ zapłonowy opiera się na elektronicznym zapłonie. Wykorzystuje on takie same sygnałów wejściowe. Po stronie wyjściowej wyeliminowano mechaniczny rozdzielacz wysokiego napięcia. Każdy z cylindrów jest obsługiwany przez indywidualną cewkę zapłonową (rys. 12.18).



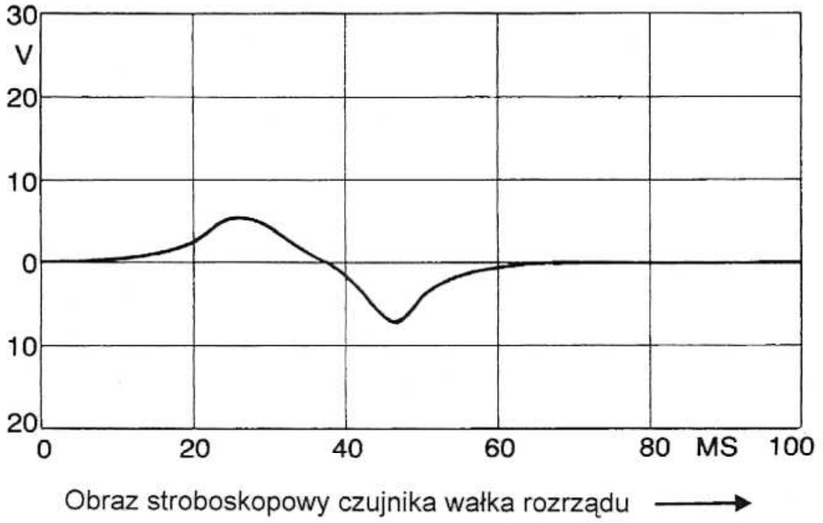
Rys. 12.18
Statyczne rozdzielanie wysokiego napięcia z pojedynczymi cewkami zapłonowymi

Urządzenie sterujące wymaga jednak dodatkowej informacji wejściowej (rys. 12.19) z wału rozrządu. Za pomocą czujnika z płasko zakończonym rdzeniem (niekiedy bywa także używany czujnik Halla) urządzenie sterujące rozpoznaje kolejność pracy cylindrów i odpowiednio steruje każdą cewką osobno.

Statyczne rozdzielanie wysokiego napięcia w całkowicie elektronicznym układzie zapłonowym oznacza wyeliminowanie mechanicznego rozdzielacza zapłonu, a więc układ ten nie ma żadnych części ruchomych (tzw. zapłon statyczny).

Oznacza to:

- brak ograniczeń wielkości przestawiania KWZ (impuls iskry nie wędruje już wewnątrz rozdzielacza),
- wyeliminowanie ściernego zużycia części,
- mniej elementów i połączeń w obwodzie wysokiego napięcia,
- znacznie mniej źródeł zakłóceń elektromagnetycznych,
- uzyskanie jeszcze większych mocy zapłonu.

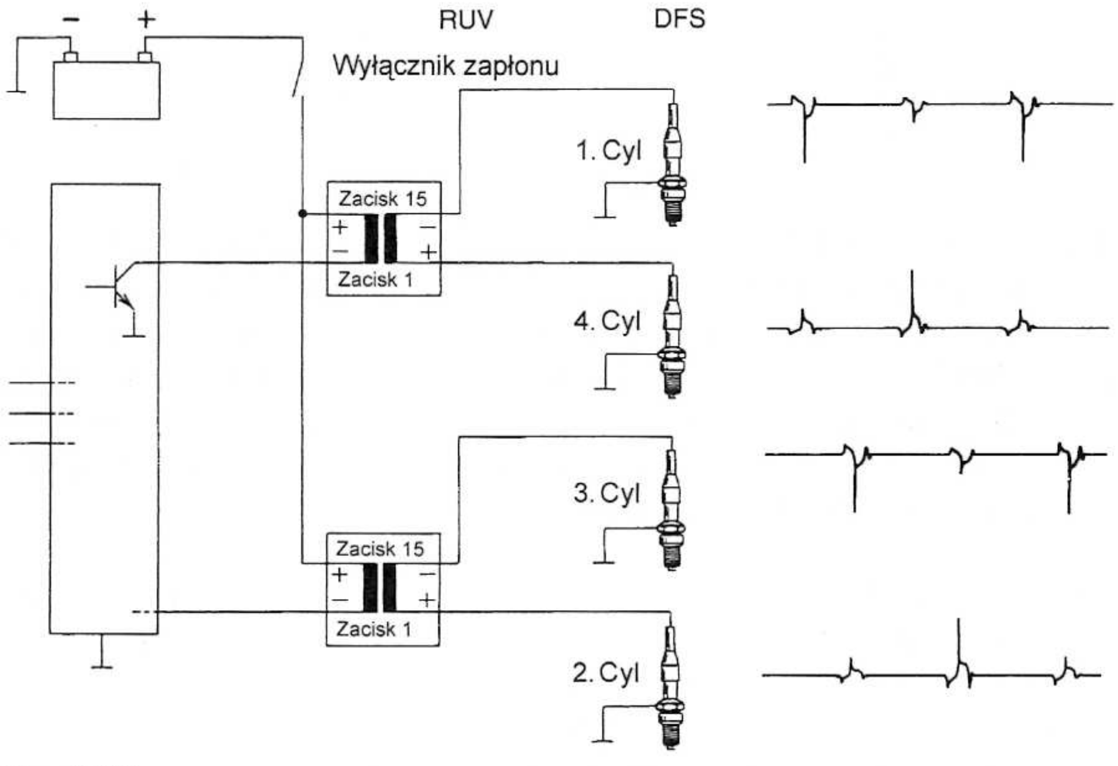


Rys. 12.19
Stroboskopowy obraz sygnału czujnika wałka rozrządu

12.3.2. Statyczny rozdział wysokiego napięcia przez cewki dwubiegunowe

W silnikach z parzystą liczbą cylindrów tańszym rozwiązaniem jest statyczny rozdział zapłonu z cewkami dwubiegunowymi (rys. 12.20), w których są generowane jednocześnie dwie iskry w dwóch rożnych cylindrach.

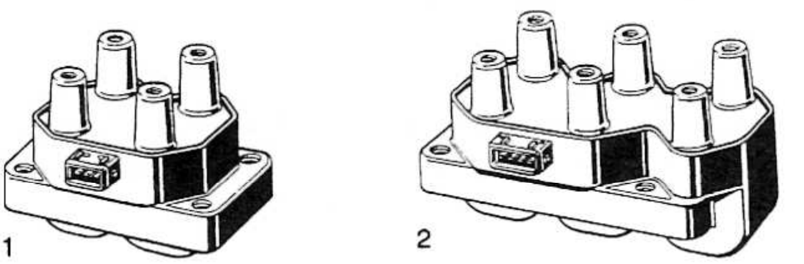
W jednym z cylindrów iskra jest wykorzystywana do zapłonu w suwie sprężania, a w drugim jest tracona (tzw. iskra wspomagająca) w suwie wylotu. Po obrocie wału o 360° następuje odwrotna sytuacja.



Rys. 12.20
Statyczne rozdzielanie wysokiego napięcia (RUV) z dwubiegunowymi cewkami zapłonowymi (DFS)

W takim układzie zapłonowym nie wymaga się czujnika wału rozrządu, bo nie musi on sterować rozdziałem iskry. Prostsza jest też budowa urządzenia sterującego (brak przyporządkowania cylindrów, mniej członów wyjściowych).

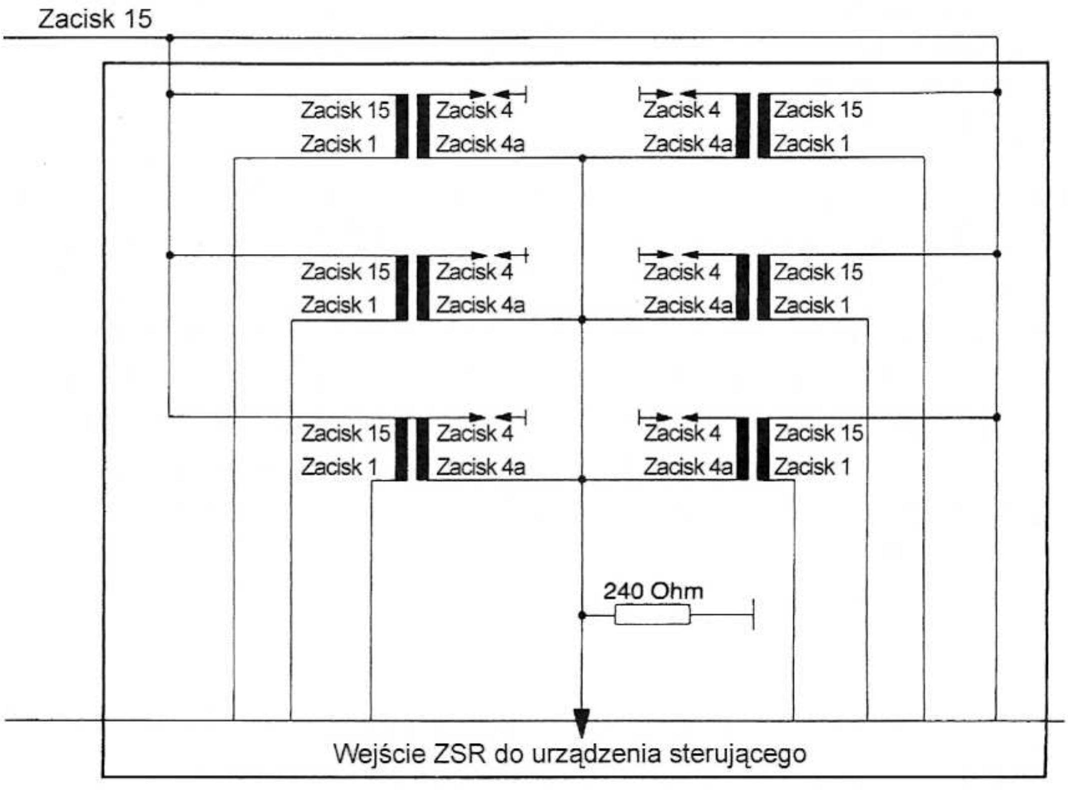
Niektórzy producenci integrują kilka cewek dwubiegunowych w jednej obudowie (rys. 12.21).



Rys. 12.21
Cewki dwubiegunowe do statycznego rozdzielania wysokiego napięcia (RUV)
1 – dwie cewki dwubiegunowe (2 × DFS), 2 – trzy cewki dwubiegunowe (3 × DFS)

12.3.3. Informacja zwrotna o prądzie zapłonu w zapłonie statycznym

Przy cewkach indywidualnych dla każdego cylindra urządzenie sterujące może nadzorować proces wyzwalania zapłonu w każdej z cewek, zarówno w jej uzwojeniu pierwotnym, jak też wtórnym. Służy do tego rezystor bocznikowy, umieszczony na wspólnym przewodzie masy uzwojeń wtórnych wszystkich cewek (rys. 12.22). Na podstawie spadku napięcia można jednoznacznie ustalić, czy na świecy zapłonowej w ogóle pojawiła się iskra.



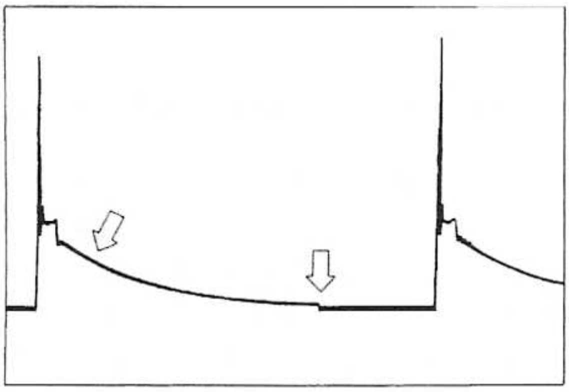
Rys. 12.22
Nadzorowanie obwodu zapłonu przez zwrotne informowanie o prądzie zapłonu (ZSR)

Ewentualne usterki są zapisywane w pamięci diagnostycznej urządzenia sterującego. Powiązanie elektronicznego układu zapłonowego z elektronicznym układem wtryskowym umożliwia odcinanie w urządzeniu sterującym wtrysku do cylindra, w którym urządzenie sterujące wykryło usterkę.

12.3.4. Wskazówki dotyczące wykrywania usterek

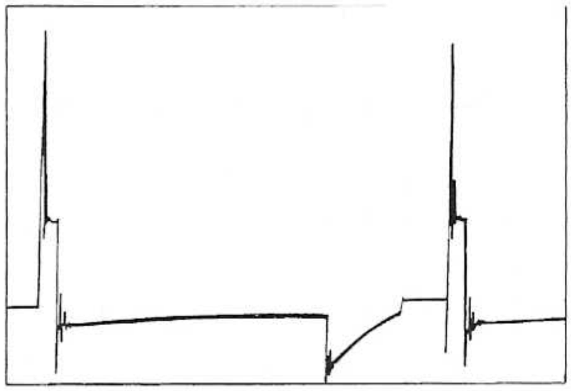
Podczas poszukiwania usterek należy sprawdzić obraz uzwojeń pierwotnego i wtórnego każdej z cewek za pomocą oscyloskopu i specjalistycznych przystawek. Pomiar rezystancji uzwojenia pierwotnego cewki na ogół nie jest możliwy, gdyż często jest tam umieszczona dioda zaporowa, mająca za zadanie niedopuszczenie do iskry wtórnej (zobacz oscylogramy na rysunkach 12.23 a i b).

a



Rys. 12.23a
Oscylogram układu zapłonowego ze statycznym rozdziałem wysokiego napięcia (RUV) z jednobiegunową cewką zapłonową (EFS) i diodą wysokiego napięcia do tłumienia iskry wtórnej

b



Rys. 12.23b
Prawidłowy oscylogram statycznego układu zapłonowego (RUV) z jednobiegunową cewką zapłonową (EFS)

Podczas sprawdzania cewek indywidualnych i dwubiegunowych z informacją zwrotną o prądzie zapłonu należy pamiętać, że nie ma żadnego połączenia między obwodem pierwotnym i wtórnym. To znaczy, że rezystancję obwodu wtórnego należy mierzyć pomiędzy zaciskami 4 i 4a albo 4a i 4b. W układzie wyposażonym w pamięć diagnostyczną i informację zwrotną o prądzie zapłonu urządzenie sterujące podaje za pośrednictwem testera diagnostycznego kody usterek. W przeciwnym razie jest konieczne sprawdzenie poprawności wszystkich sygnałów wejściowych (patrz punkt 12.2) i wyjściowych do każdej cewki.

13. Układy wtryskowe

Zadaniem układów zasilania jest dostarczenie niezbędnej mieszanki paliwowo-powietrznej i jak najlepsze dopasowanie jej składu do zmieniających się warunków pracy silnika.

Gaźniki nie mogły już sprostać rosnącym wymaganiom w zakresie komfortu jazdy, ekonomicznej eksploatacji i zmniejszenia emisji szkodliwych składników spalin. W układach gaźnikowych, na skutek rozdzielania się składników mieszanki i kondensacji paliwa (na ściankach przewodów dolotowych), poszczególne cylindry otrzymywały mieszankę o różnym składzie. Aby najgorzej zasilany cylinder otrzymał dostatecznie bogatą mieszankę, musiała być ona bardziej wzbogacona.

Dzięki wtryskowi paliwa bezpośrednio przed zaworem wlotowym każdy cylinder można zasilić dokładnie taką samą mieszanką, dobraną odpowiednio do ilości zassanego przez silnik powietrza. Ponadto można korzystniej pod względem przepływu wyprofilować przewody dolotowe unikając niekorzystnych zjawisk występujących w układach gaźnikowych. Osiągnięto w ten sposób lepsze napełnienie cylindrów i bardziej równomierny rozdział powietrza na poszczególne cylindry (większy moment obrotowy, efektywniejsze wykorzystanie paliwa, mniej szkodliwych składników w spalinach).

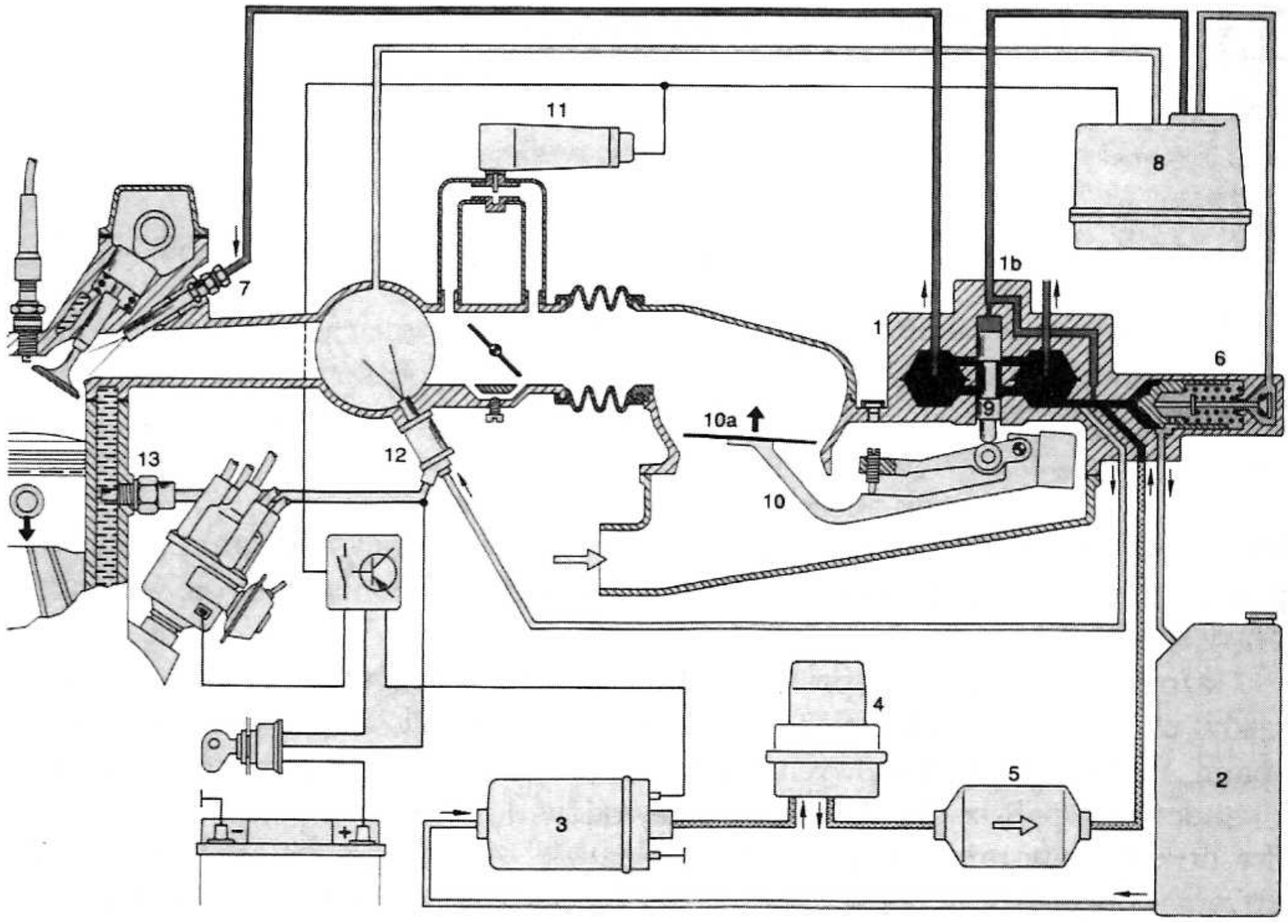
Na rynku przyjęły się dwa podstawowe rodzaje układów wtryskowych do silników o zapłonie iskrowym: układy o wtrysku ciągłym (np. K-, KE-Jetronic) i układy o wtrysku przerywanym (np. L-, LE-, LH-Jetronic).

Wprowadzone przez firmę Bosch oznaczenia stosuje się już w mowie potocznej i dlatego w książce tej są używane bez cudzysłowu.

13.1. Wtrysk ciągły (układ K-Jetronic)

13.1.1. Opis funkcji i części składowych układu

Schemat układu K-Jetronic przedstawiono na rysunku 13.1. Elektryczna pompa paliwa (3) tłoczy paliwo ze zbiornika (2) przez zasobnik ciśnieniowy paliwa (4) i filtr paliwa (5) do regulatora mieszanki (1). Regulator ciśnienia (6) utrzymuje ciśnienie w układzie na stałym poziomie ok. 500 kPa. Nadmiar paliwa jest odprowadzany przewodem powrotnym do zbiornika. Poprzez regulator fazy nagrzewa-



Rys. 13.1
Schemat zasilania paliwem układu Bosch K-Jetronic
1 – regulator mieszanki, 1b – rozdzielacz paliwa, 2 – zbiornik paliwa, 3 – elektryczna pompa paliwa, 4 – zasobnik ciśnieniowy paliwa, 5 – filtr paliwa, 6 – regulator ciśnienia, 7 – wtryskiwacz roboczy, 8 – regulator fazy nagrzewania silnika, 9 – tłok sterujący, 10 – przepływomierz powietrza zasysanego, 10a – tarcza spiętrzająca, 11 – zawór suwakowy powietrza dodatkowego, 12 – wtryskiwacz rozruchowy, 13 – wyłącznik termiczno-czasowy

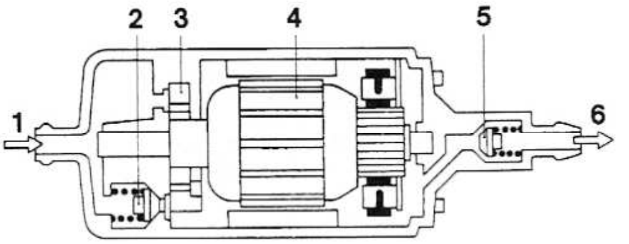
nia silnika (8), odpowiednio do temperatury silnika, jest wywierane ciśnienie na tłok sterujący (9) w rozdzielaczu paliwa. Odchylaniu, znajdującej się w przepływomierzu (10) powietrza zasysanego tarczy spiętrzającej (10a), przez strumień powietrza przeciwdziała ciśnienie sterujące. Dzięki temu ilość paliwa przepuszczana przez tłok sterujący w rozdzielaczu paliwa (1b) do poszczególnych wtryskiwaczy (7) jest dodatkowo regulowana w fazie nagrzewania silnika. Podczas pracy nagrzanego silnika ciśnienie sterujące jest stałe i wynosi ok. 370 kPa, a ilość wtryskiwanego paliwa jest wprost proporcjonalna do ilości zassanego powietrza (dzięki odchylaniu tarczy spiętrzającej, która przez zespół dźwigni oddziałuje na tłok sterujący).

Za pomocą zaworu suwakowego dodatkowego powietrza (11), podczas rozruchu zimnego silnika, jest dostarczana dodatkowa ilość powietrza (z pominięciem przepustnicy) w celu zwiększenia prędkości obrotowej biegu jałowego.

Wtryskiwacz rozruchowy (12) służy do rozruchu zimnego silnika. Wtryskuje on przez krótki czas paliwo do przewodu dolotowego, wyrównując także straty paliwa w wyniku jego kondensacji. Jest on sterowany elektrycznym wyłącznikiem termiczno-czasowym (13).

13.1.2. Elementy składowe i ich funkcje

Pompa paliwa (rys. 13.2) jest pompą rolkowo-komorową, napędzaną silnikiem elektrycznym. Może ona dostarczyć więcej paliwa, niż potrzebuje silnik. Dzięki temu we wszystkich warunkach eksploatacji w układzie jest utrzymywane stałe ciśnienie paliwa. Wydajność pompy wynosi co najmniej 0,75 l/min.



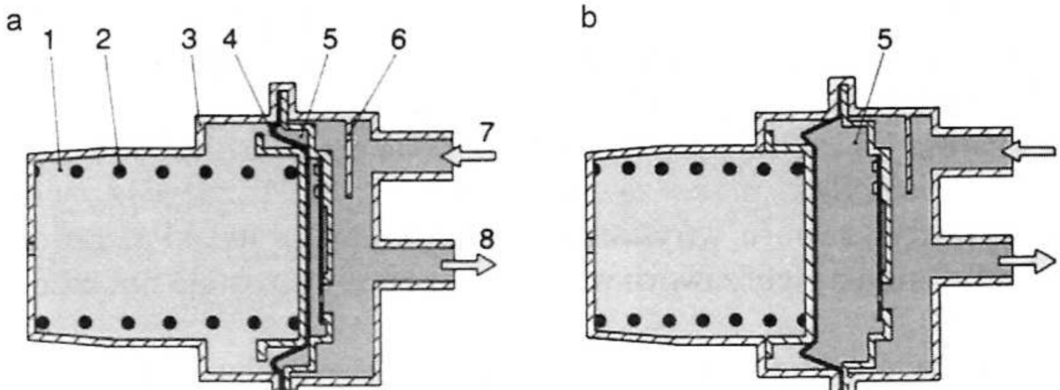
Rys. 13.2
Elektryczna pompa paliwa
1 – strona ssawna, 2 – zawór przelewowy, 3 – pompa rolkowo-komorowa, 4 – silnik, 5 – zawór zwrotny, 6 – strona tłoczna

Tylko podczas rozruchu i pracy silnika pompa paliwa jest zasilana prądem przez przekaźnik sterujący. Przy braku sygnału na zacisku 1 przekaźnik przerywa dopływ prądu ze względów bezpieczeństwa (np. w razie wypadku).

W celu obniżenia poziomu hałasu ostatnio coraz częściej umieszcza się pompę w zbiorniku paliwa. Nie istnieje niebezpieczeństwo eksplozji paliwa ani w pompie ani w zbiorniku, gdyż nie powstaje tam łatwopalna mieszanka.

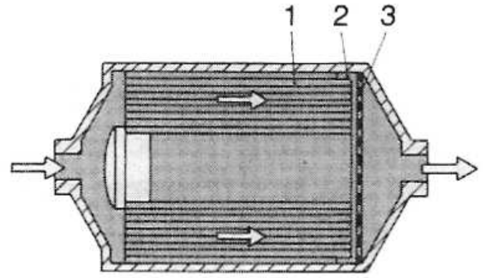
Pompa paliwa jest używana także w układach L-Jetronic (i jego odmianach) oraz Motronic. Przy bardzo niekorzystnym usytuowaniu zbiornika paliwa może być potrzebna dodatkowa pompa paliwa.

Ciśnieniowy zasobnik paliwa (rys. 13.3) jest umieszczony przed filtrem paliwa. Zmniejsza on hałaśliwość pompy paliwa i wyrównuje wahania ciśnienia. Po wyłączeniu silnika zasobnik utrzymuje ciśnienie robocze w obwodzie zasilania paliwem.

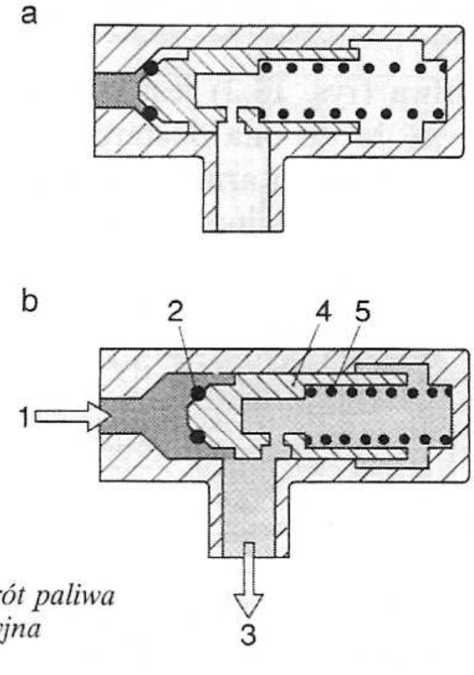


Rys. 13.3
Zasobnik ciśnieniowy paliwa:
a) pusty, b) pełny
1 – komora ze sprężyną, 2 – sprężyna, 3 – kołnierz, 4 – przepona, 5 – komora główna, 6 – przegroda blaszana do zmiany kierunku strugi, 7 – króciec doprowadzający paliwo, 8 – króciec odprowadzający paliwo

Filtr paliwa (rys. 13.4) chroni precyzyjne elementy układu przed zanieczyszczeniami, które mogą wystąpić w paliwie. Musi być regularnie wymieniany. Należy



Rys. 13.4
Filtr paliwa
1 – filtr papierowy, 2 – sito, 3 – płyta nośna



Rys. 13.5
Regulator ciśnienia w rozdzielaczu paliwa
a) położenie spoczynkowe, b) położenie robocze
1 – wejście, ciśnienie układu, 2 – uszczelka, 3 – powrót paliwa do zbiornika, 4 – tłok sterujący, 5 – sprężyna regulacyjna

przy tym bezwzględnie zwracać uwagę na strzałkę na obudowie, wskazującą kierunek przepływu paliwa.

Zanieczyszczony, uszkodzony albo źle zamontowany filtr paliwa może spowodować zmniejszenie mocy silnika (zbyt mała ilość filtrowanego paliwa).

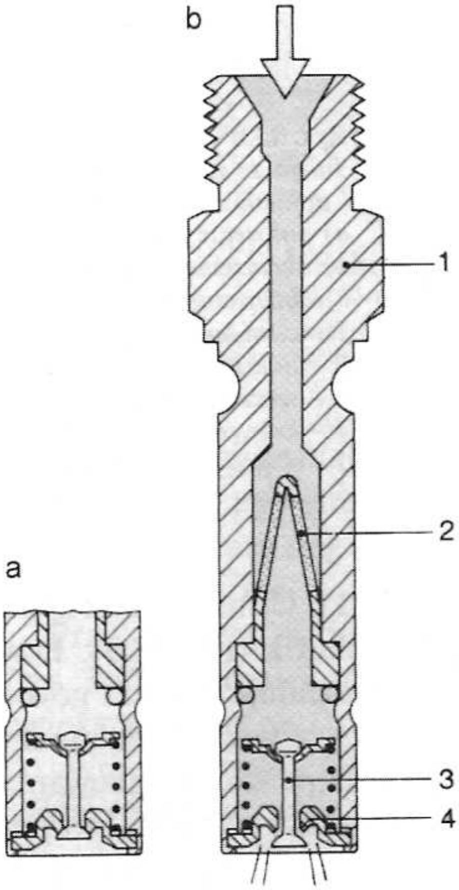
Regulator ciśnienia paliwa (rys. 13.5) znajduje się w obudowie rozdzielacza paliwa. Precyzyjnie wyregulowana sprężyna utrzymuje ciśnienie w układzie pracującego silnika na poziomie 500 kPa. Nadmiar paliwa jest kierowany z powrotem do zbiornika. Przy wyłączonym silniku ciśnienie spada poniżej ciśnienia otwarcia zaworu wtryskiwaczy.

Nieodpowiednie ciśnienie spowodowane nieszczelnością układu, zanieczyszczeniami albo zbyt małą wydajnością pompy paliwa ma istotny wpływ na przygotowanie mieszanki paliwowo-powietrznej, a tym samym na pracę silnika. Jeżeli odchylenia od normy są duże, wówczas nie będzie możliwe uruchomienia silnika. Ciśnienie w układzie jest sprawdzane za pomocą manometru.

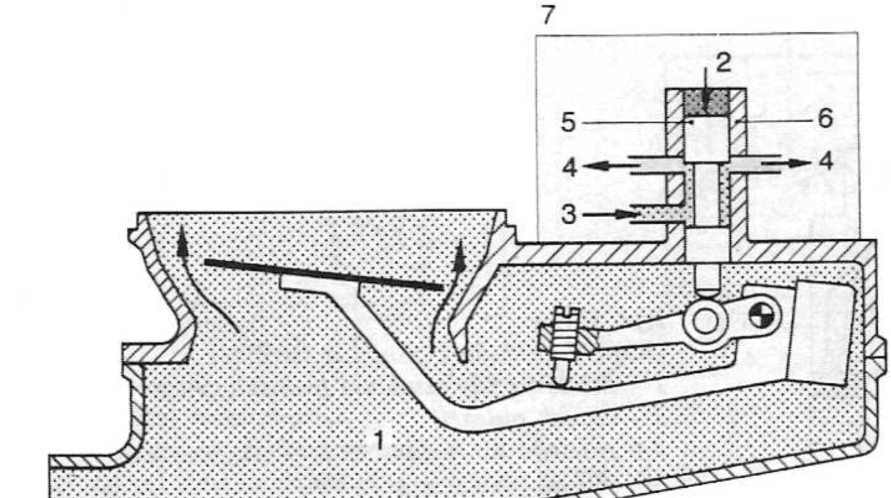
Wtryskiwacze paliwa (rys. 13.6) wtryskują odmierzone dawki paliwa do kolektora dolotowego bezpośrednio przed zaworami dolotowymi każdego z cylindrów. Ciśnienie otwarcia zaworu wtryskiwacza wynosi 300 ... 400 kPa. Dzięki drganiom (pulsacja ciśnienia) igły zaworu wtryskiwacza paliwo zostaje dokładnie rozpylone.

Zawory wtryskiwaczy powinny dokładnie odcinać przepływ, żeby po zatrzymaniu silnika albo na skutek niedostatecznego zasilania paliwem nie zamknięte szczelnie wtryskiwacze nie spowodowały spadku ciśnienia w układzie. Niedopuszczalny jest wyciek paliwa przez wtryskiwacz (trzeba sprawdzić ciśnienie i obejrzeć wtryskiwacz).

W **regulatorze składu mieszanki** wychylenia tarczy spiętrzającej znajdującej się w przypływomierzu powietrza (ilość zassanego powietrza) są przenoszone na tłok sterujący w rozdzielaczu paliwa, który kieruje odpowiednią ilość paliwa do wtryskiwaczy (rys. 13.7).



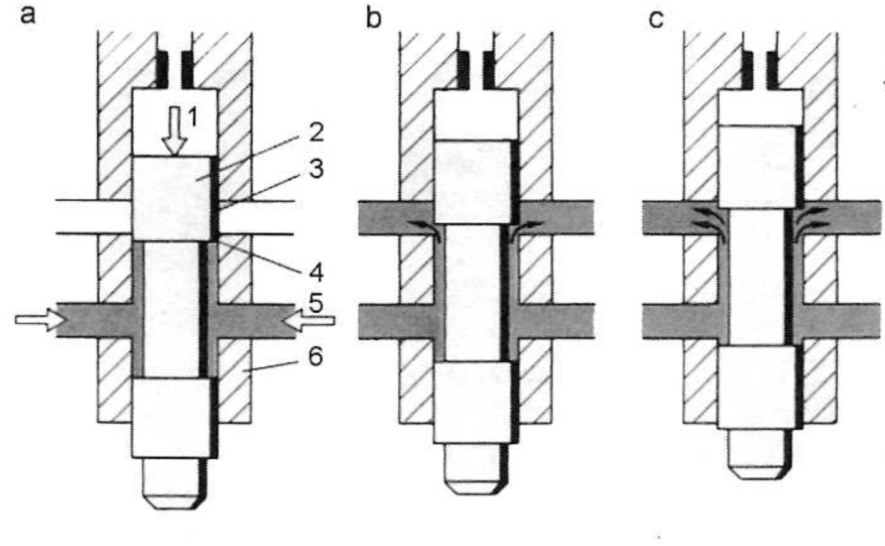
Rys. 13.6
Wtryskiwacz paliwa
a) położenie spoczynkowe,
b) położenie robocze
1 – obudowa
2 – filtr
3 – igła rozpylacza
4 – gniazdo zaworu rozpylacza



Rys. 13.7
Tarcza spiętrzająca i tuleja ze szczelinami sterującymi
1 – powietrze zasysane,
2 – ciśnienie sterujące,
3 – dopływ paliwa,
4 – odmierzona dawka paliwa, 5 – tłok sterujący, 6 – tuleja ze szczelinami sterującymi, 7 – rozdzielacz paliwa, 8 – przepływomierz powietrza

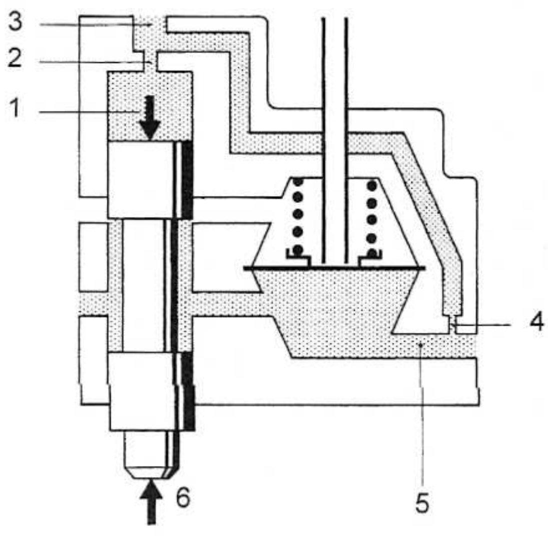
Zassane przez silnik powietrze wychyla tarczę spiętrzającą odpowiednio do stopnia otwarcia przepustnicy. Poprzez układ dźwigni tarcza spietrzająca powoduje przesunięcie do góry tłoka sterującego (rys. 13.8). Reagujący na temperaturę regulator fazy nagrzewania silnika reguluje ciśnienie sterujące, oddziałujące na tłok sterujący w odwrotnym kierunku. Istnieje ponadto możliwość korekcji składu mieszanki za pomocą wkrętu regulacyjnego.

Im wyżej podniesiony zostanie tłok sterujący (odpowiednio do ilości zassanego powietrza), tym większa ilość paliwa zostanie dostarczona przez wtryskiwacze.



Rys. 13.8
Tuleja ze szczelinami i tłokiem sterującym
a) położenie spoczynkowe,
b) obciążenie częściowe,
c) obciążenie pełne
1 – ciśnienie sterujące,
2 – tłok sterujący,
3 – szczelina sterująca,
4 – krawędź sterująca tłoka,
5 – doprowadzenie paliwa,
6 – tuleja ze szczelinami

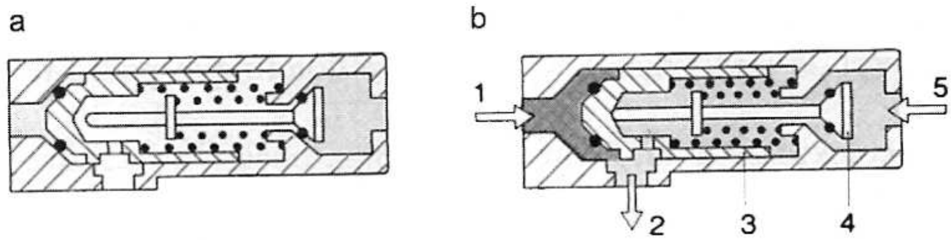
Ciśnienie sterujące reguluje w ten sposób skład mieszanki. Ciśnienie sterujące jest oddzielane od ciśnienia układu paliwowego poprzez dławik (rys. 13.9). Przy zimnym silniku ciśnienie sterujące wynosi ok. 50 kPa. Oddziałuje ono na górną część tłoka sterującego z mniejszą siłą, niż siła wynikająca z wychylenia tarczy spiętrzającej. Więcej paliwa popłynie do wtryskiwaczy (zasilanie fazy nagrzewania silnika). Ciśnienie sterujące rośnie wraz ze wzrostem temperatury silnika, co powoduje zmniejszenie dawki paliwa. Po osiągnięciu przez silnik temperatury normalnej pracy ciśnienie robocze wynosi ok. 370 kPa.



Rys. 13.9
Ciśnienie układu i ciśnienie sterujące
1 – działanie siły ciśnienia hydraulicznego
2 – dławik pulsacji
3 – przewód do regulatora fazy nagrzewania
4 – dławik rozdzielający
5 – ciśnienie układu (z pompy paliwa)
6 – siła (powietrza) przeniesiona z tarczy spiętrzającej

Dławik pulsacji (2) zapobiega zbyt dużym drganiom tarczy spiętrzającej, wywołanym pulsacją zasysanego powietrza. Jednak przy szybkim otwarciu przepustnicy tarcza spiętrzająca na chwilę nadmiernie się wychyli, doprowadzając do krótkotrwałego zwiększenia dawki wtryskiwanego paliwa (zasilanie fazy przyspieszenia).

Przy nie pracującym silniku zawór zwrotny w przewodzie powrotu paliwa z regulatora fazy nagrzewania silnika zapobiega spadkowi ciśnienia w obwodzie ciśnienia regulacji. Zawór ten jest zintegrowany z regulatorem ciśnienia układu (rysunki 13.10a i b).

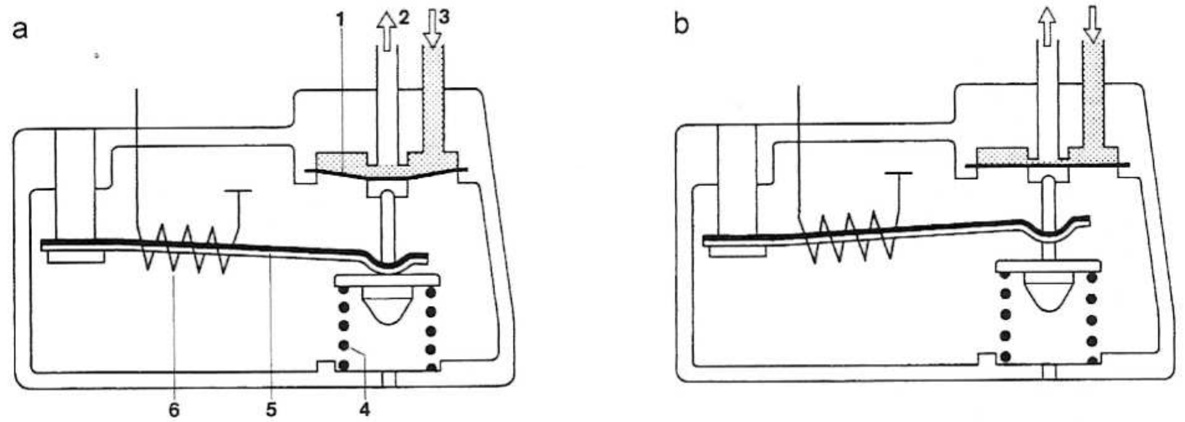


Rys. 13.10
Regulator ciśnienia z zaworem przelewowym w obwodzie ciśnienia sterującego:
a) położenie spoczynkowe, b) położenie robocze
1 – wejście ciśnienia układu, 2 – powrót paliwa do zbiornika, 3 – tłok sterujący regulatora, 4 – zawór przelewowy, 5 – wejście ciśnienia sterującego (od regulatora fazy nagrzewania)

Przyczyną ewentualnych usterek mogą być nieszczelności (złącza przewodów, zawór odcinający) albo uszkodzony regulator fazy nagrzewania.

Regulator fazy nagrzewania (rys. 13.11) jest ogrzewany ciepłem silnika i dodatkowo elektrycznie.

Przy zimnym silniku sprężyna bimetalowa naciska na sprężynę zaworu (rys. 3.11a). Zmniejsza to siłę nacisku sprężyny na przeponę zaworu, co powoduje zwiększony przepływ paliwa z powrotem do zbiornika i spadek ciśnienia sterującego. Wraz ze wzrostem temperatury zmniejsza się siła nacisku na sprężynę zaworu, która wtedy w pełni reguluje ciśnienie sterujące (rys. 13.11b). Prostowanie się



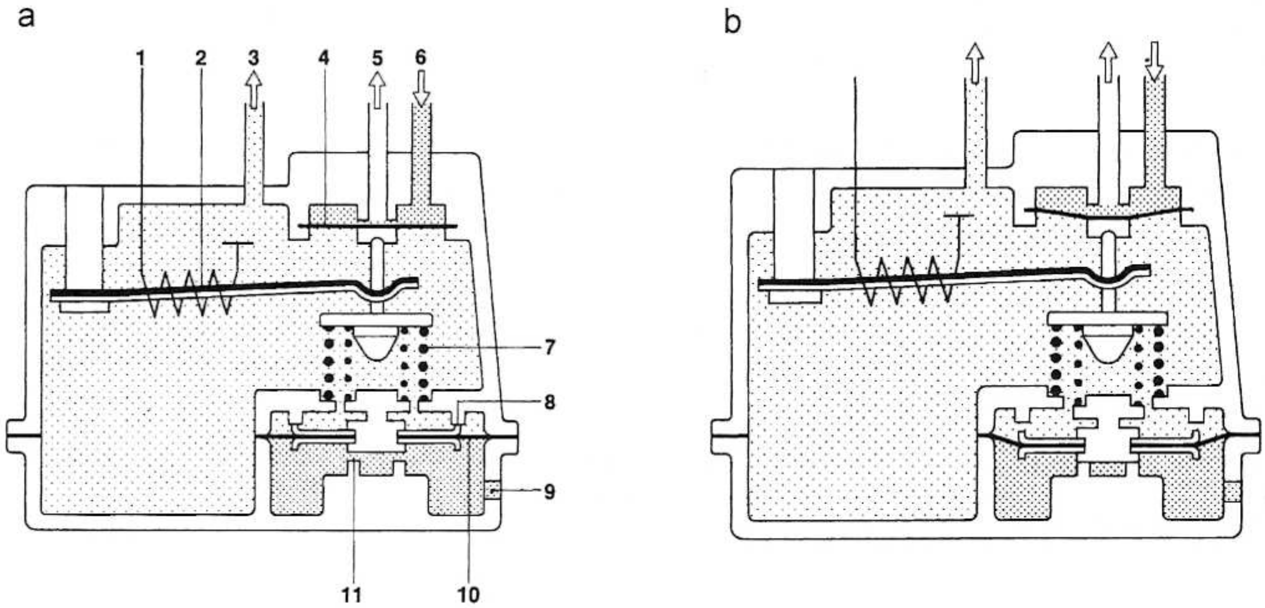
Rys. 13.11
Regulator fazy nagrzewania
a) silnik zimny, b) silnik rozgrzany
1 – przepona zaworu regulacji, 2 – powrót paliwa do zbiornika, 3 – dopływ z regulatora składu mieszanki (ciśnienie sterujące), 4 – sprężyna zaworu, 5 – sprężyna bimetalowa, 6 – uzwojenie nagrzewające

przepony sterującej zaworem regulacji ciśnienia powoduje wzrost ciśnienia do ok. 370 kPa. Dodatkowe, elektryczne podgrzewanie bimetalu umożliwia, odpowiednio dopasowane do wymagań, wzbogacenie mieszanki podczas rozruchu zimnego silnika.

W razie trudności z uruchomieniem silnika (zimny/gorący) i przy nierównomiernej pracy należy za pomocą manometru sprawdzić ciśnienie sterujące oraz jego zmianę przy wzroście temperatury.

Ponadto są stosowane regulatory fazy nagrzewania, które regulują ciśnienie sterujące także w zależności od podciśnienia w kolektorze dolotowym powietrza (rysunki 13.12a i b).

Duże podciśnienie w kolektorze dolotowym (bieg jałowy, obciążenie częściowe) przyciąga przeponę (10) aż do górnego ogranicznika (8). Wewnętrzna sprężyna zaworu naciska teraz silniej na przeponę zaworu (zmniejszenie przekroju sterującego przepony); ciśnienie sterujące rośnie. Efektem tego jest zmniejszenie

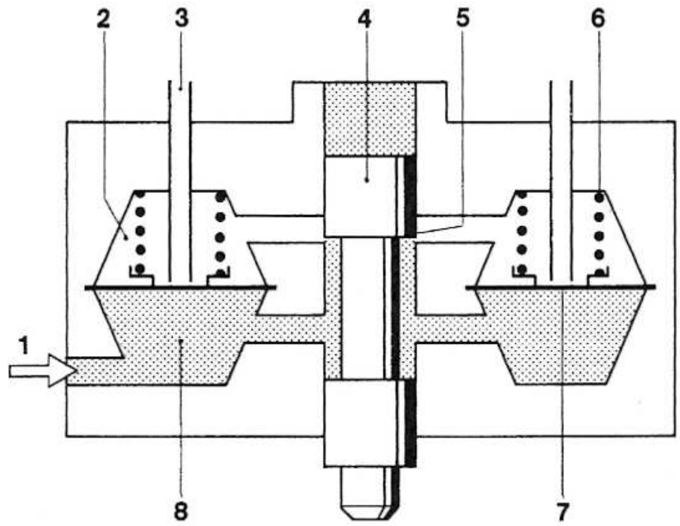


Rys. 13.12
Regulator fazy nagrzewania z przeponą pełnego obciążenia
a) bieg jałowy i obciążenie częściowe
1 – uzwojenie nagrzewające, 2 – sprężyna bimetalowa, 3 – przewód podciśnieniowy (z przewodu dolotowego), 4 – przepona zaworu, 5 – powrót paliwa do zbiornika, 6 – dopływ z rozdzielacza paliwa (ciśnienie sterujące), 7 – sprężyna zaworu, 8 – górny ogranicznik, 9 – odpowietrzanie, 10 – przepona, 11 – dolny ogranicznik
b – pełne obciążenie

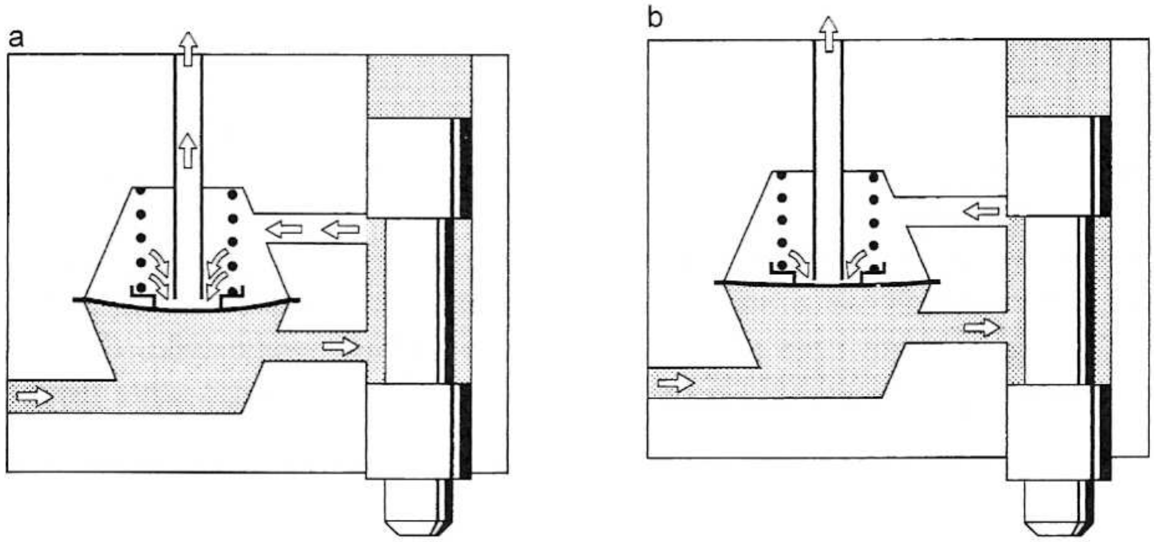
ilości wtryskiwanego paliwa. Przy pełnym obciążeniu (mniejsze podciśnienie w kolektorze dolotowym) przepona znajduje się przy dolnym ograniczniku; ciśnienie sterujące spada (zasilanie paliwem przy pełnym obciążeniu). Takie działanie regulatora wspiera dopasowanie się silnika do obciążenia, który w dolnych zakresach obciążenia jest zasilany bardzo ubogą mieszanką.

Przyczyną usterek układu wtryskowego mogą być nieszczelne przewody dolotowe powietrza. Należy je sprawdzić, jeżeli na biegu jałowym i przy małym obciążeniu jest podawana za bogata mieszanka.

Zawory różnicowe w rozdzielaczu paliwa (rys. 13.13 i 13.14) utrzymują stałą wartość spadku ciśnienia w szczelinach sterujących, około 10 kPa, niezależnie od ilości przepływającego paliwa. Różnica ciśnienia wynika z działania sił w obu komorach zaworu; sprężyny (6) i przepony (7). Dzięki stałej wartości spadku ciśnienia osiąga się dużą dokładność regulacji ilości wtryskiwanego paliwa.



Rys. 13.13
Rozdzielacz paliwa z zaworami różnicowymi
1 - dopływ paliwa (ciśnienie robocze), 2 - komora górna zaworu różnicowego, 3 - przewód do wtryskiwacza (ciśnienie wtrysku), 4 - tłok sterujący, 5 - krawędź sterująca i szczelina sterująca, 6 - sprężyna zaworu, 7 - przepona zaworu, 8 - komora dolna zaworu różnicowego



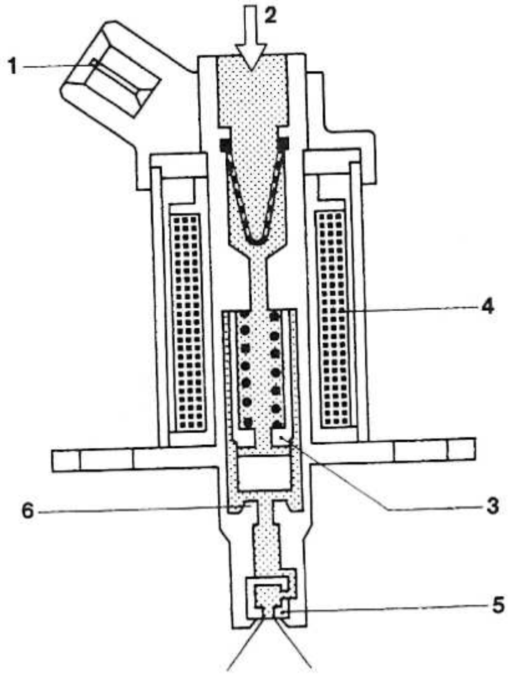
Rys. 13.14
Zawór różnicowy
a) położenie przy dużym przepływie, b) położenie przy małym przepływie

Dolne komory zaworów różnicowych są połączone ze sobą przewodem okrężnym. Panuje w nich ciśnienie zasilające. Komory górne są połączone tylko z odpowiednimi wtryskiwaczami.

13.1.3. Dodatkowe, elektrycznie sterowane elementy układu

Podczas rozruchu zimnego silnika **wtryskiwacz rozruchowy** (rys. 13.15) wtryskuje dodatkową ilość paliwa do kolektora dolotowego w celu wyrównania strat kondensacji paliwa i ułatwienia rozruchu. Wtryskiwacz rozruchowy jest zasilany paliwem przez regulator składu mieszanki. Kiedy przez uzwojenie elektromagnesu (4) popłynie prąd, wtedy powstałe pole magnetyczne powoduje podniesienie igły rozpylacza (3). Pod wpływem wysokiego ciśnienia roboczego paliwo jest wtryskiwane przez dyszę rozpylacza (5).

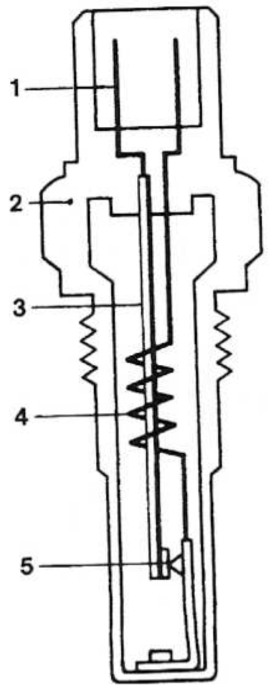
Przy braku przepływu prądu dysza wtryskiwacza jest zamknięta siłą sprężyny (należy to sprawdzić podczas oględzin).



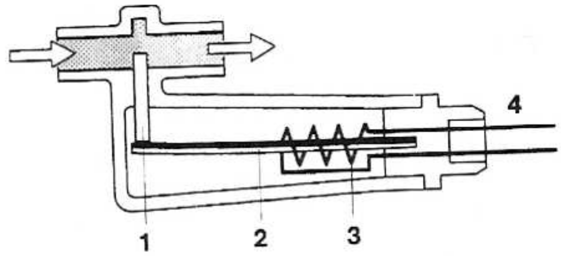
Rys. 13.15
Wtryskiwacz rozruchowy w czasie pracy
1 – złącze prądowe, 2 – doprowadzenie paliwa z filtrem siatkowym, 3 – zawór (rdzeń elektromagnesu), 4 – uzwojenie elektromagnesu, 5 – rozpylacz, 6 – gniazdo zaworu

Wyłącznik termiczno-czasowy (rys. 13.16) steruje wtryskiwaczem rozruchowym.

Przy zimnym silniku zestyk jest zamknięty. Podczas rozruchu przez uzwojenie nagrzewające zaczyna płynąć prąd i sprężyna bimetalowa rozłącza styki. W ten sposób zostaje ograniczony czas pracy wtryskiwacza rozruchowego tylko do fazy rozruchu silnika. Po jego nagrzaniu zestyk pozostaje otwarty (brak zasilania rozruchowego).



Rys. 13.16
Wyłącznik termiczno-czasowy
1 – złącze prądowe, 2 – obudowa z gwintem, 3 – element bimetalowy, 4 – uzwojenie nagrzewające, 5 – zestyk



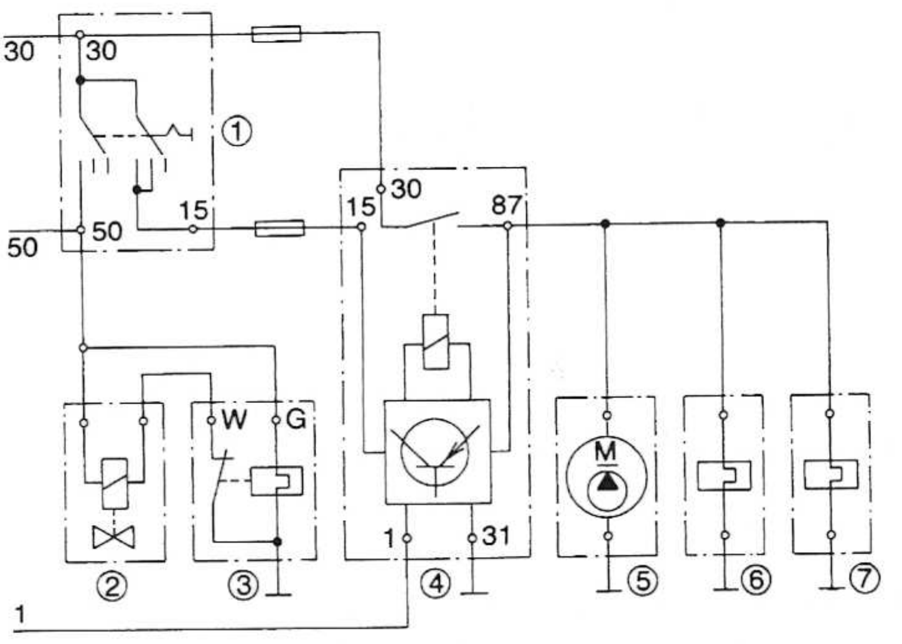
Rys. 13.17
Zawór suwakowy powietrza dodatkowego
1 – suwak obrotowy (przesłona), 2 – element bimetalowy, 3 – uzwojenie nagrzewające, 4 – złącze prądowe

Zawór suwakowy powietrza dodatkowego (13.17) zwiększa ilość powietrza (a więc i dawkę paliwa) przy prędkości obrotowej biegu jałowego i w fazie nagrzewnia silnika w celu zrekompensowania większych oporów tarcia.

Zawór powietrza dodatkowego jest tak umieszczony w układzie, aby odbierał ciepło od silnika. Dodatkowo jest on podgrzewany elektrycznie. Po nagrzaniu kanał powietrzny zaworu jest zamykany przez suwak (1), uruchamiany elementem bimetalowym.

13.1.4. Schemat elektryczny

Włączenie zapłonu (1) powoduje dopływ prądu przez zacisk 50 do wtryskiwacza rozruchowego (2) i wyłącznika termiczno-czasowego (3). Wtryskiwacz rozruchowy pracuje, dopóki na zacisku 50 jest napięcie i wyłącznik termiczno-czasowy zapewnia połączenie z masą.



Rys. 13.18
Układ połączeń w stanie spoczynku
1 – wyłącznik zapłonu, 2 – wtryskiwacz rozruchowy, 3 – wyłącznik termiczno-czasowy, 4 – przekaźnik sterujący, 5 – pompa paliwa, 6 – regulator fazy nagrzewania silnika, 7 – zawór suwakowy powietrza dodatkowego

Na skutek nagrzewania elektrycznego albo ciepła silnika otwiera się bimetalowy zestyk (W), zostaje przerwane połączenie z masą i wtryskiwacz rozruchowy się zamyka.

Przez zacisk 15 (zapłon) prąd płynie do przekaźnika sterującego (4), który łączy obwód z masą (zacisk 31). Przekaźnik zamyka roboczy obwód prądu (pomiędzy zaciskami 30 i 87) po otrzymaniu na zacisk 1 impulsu zapłonu. Dopiero wówczas zostają zasilone napięciem pompa paliwa (5), uzwojenie nagrzewające w regulatorze fazy nagrzewania silnika i zawór suwakowy powietrza dodatkowego.

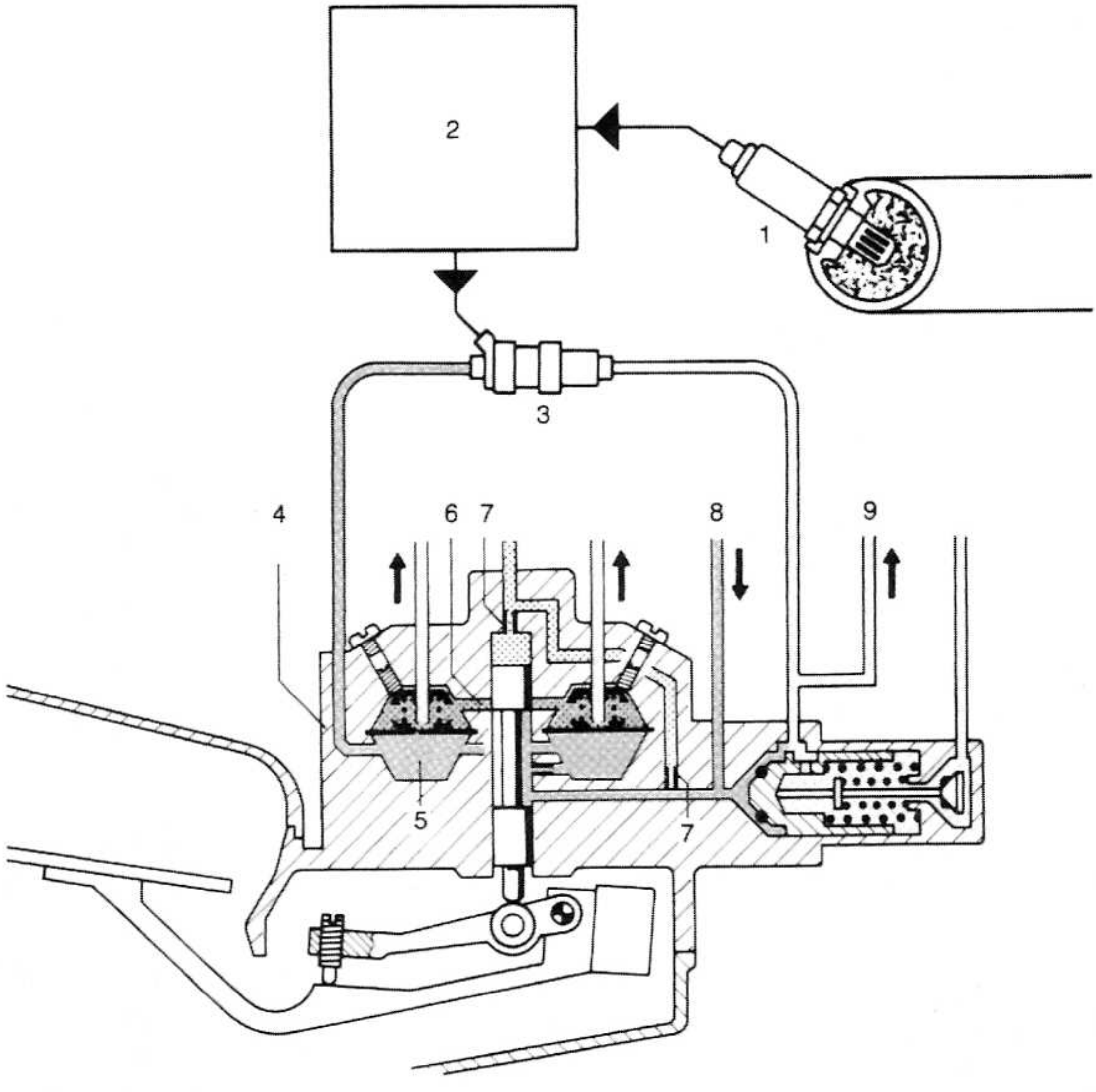
W ten sposób zagwarantowano w razie nagłego zatrzymania się silnika (np. wypadek), że pompa elektryczna nie będzie tłoczyła paliwa i nie będzie działało uzwojenie nagrzewające pomimo stojącego albo zimnego silnika, chociaż nadal jest włączony zapłon (stacyjka).

Sprawdzanie działania elementów elektrycznych układu wtryskowego należy przeprowadzić przy pracującym silniku. Gdy jest odłączony przekaźnik sterujący, wówczas zaciski 30 i 87 należy zewrzeć bezpiecznikiem (np. podczas sprawdzania wydajności pompy paliwa.)

13.1.5. Układ K-Jetronic z regulacją lambda

W celu uzyskania wysokiego stopnia przemiany (konwersji) szkodliwych składników spalin, w samochodach z trzyfunkcyjnymi katalizatorami spalana mieszanka musi być wyregulowana do wartości $\lambda = 1$.

Urządzenie sterujące przetwarza sygnał otrzymany z sondy lambda i odpowiednio wpływa na skład spalanej mieszanki (budowę i działanie sondy lambda opisano w punkcie 13.5).



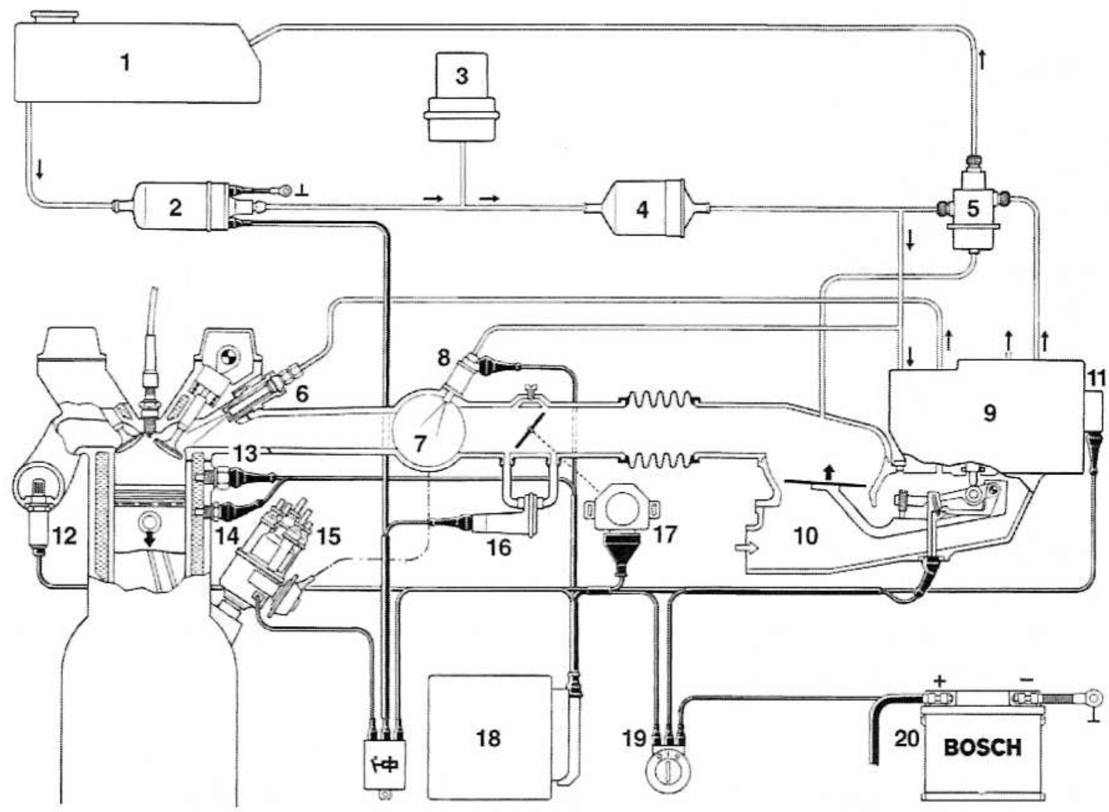
Rys. 13.19
Dodatkowe elementy regulacji lambda układu Bosch K-Jetronic
1 – sonda lambda, 2 – regulator lambda, 3 – zawór taktujący (dławik zmienny), 4 – rozdzielacz paliwa, 5 – komora dolna zaworu różnicowego, 6 – szczelina sterująca, 7 – zawór dławiący (stały), 8 – przewód dolotowy paliwa, 9 – przewód powrotny paliwa

W tym celu w układzie K-Jetronic z regulacją współczynnika λ (rys. 13.19) jest regulowane ciśnienie w dolnych komorach zaworów różnicowych. Komory te oddzielono od ciśnienia roboczego w układzie za pośrednictwem stałego zaworu dławiącego. Za pośrednictwem zaworu taktującego (3) następuje odpowiednia zmiana ciśnienia w dolnych komorach. Zawór taktujący (zwarty, rozwarty) otrzymuje

sygnały z urządzenia sterującego. Bez sygnału napięcia jest on zamknięty, wtedy w dolnych komorach zaworów różnicowych panuje ciśnienie robocze układu wtryskowego.

13.2. Układ KE-Jetronic

Podstawowa zasada działania układu KE-Jetronic (rys. 13.20) została przejęta z układu K-Jetronic. Dokładne sterowanie ilością wtryskiwanego paliwa, w zależności od obciążenia silnika, jest w tym układzie realizowane przez elektroniczne urządzenie sterujące. Urządzenie przetwarza różne sygnały wejściowe i na ich podstawie steruje elektrohydraulicznym nastawnikiem ciśnienia. Wywołuje on w roz-

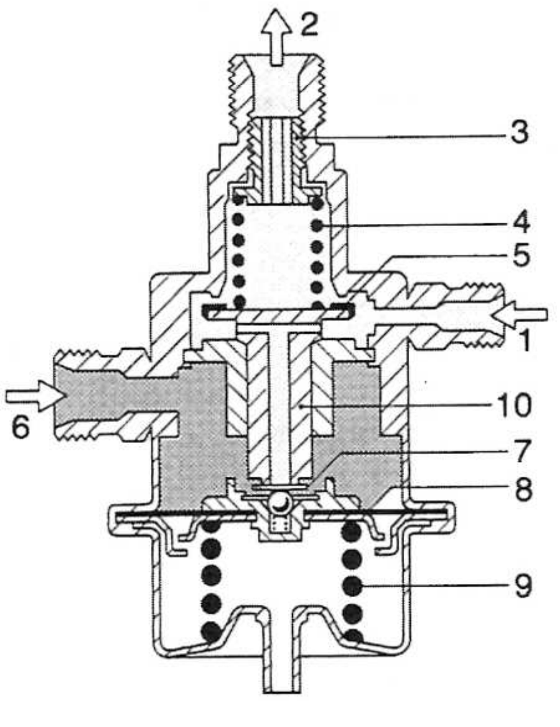


Rys. 13.20
Schemat układu Bosch KE-Jetronic
1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – zasobnik paliwa, 4 – filtr paliwa, 5 – regulator ciśnienia układu, 6 – wtryskiwacz roboczy, 7 – zbiorczy kolektor dolotowy, 8 – wtryskiwacz rozruchowy, 9 – rozdzielacz paliwa, 10 – przepływomierz powietrza, 11 – elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia, 12 – sonda lambda, 13 – wyłącznik termiczno-czasowy, 14 – czujnik temperatury silnika, 15 – rozdzielacz zapłonu, 16 – zawór suwakowy powietrza dodatkowego, 17 – czujnik położenia przepustnicy, 18 – elektroniczne urządzenie sterujące, 19 – wyłącznik zapłonu (stacyjka), 20 – akumulator

dzielaczu paliwa zmiany różnicy ciśnienia pomiędzy dolnymi komorami zaworów różnicowych a ciśnieniem roboczym układu. Zmiana dawki wtryskiwanego paliwa w układzie KE-Jetronic jest realizowana przez zmianę ciśnienia w dolnych komorach zaworów różnicowych, a nie poprzez zmianę ciśnienia sterowania, jak to jest w układzie K-Jetronic.

13.2.1. Różnice w stosunku do układu K-Jetronic

Zasilanie mieszanką silnika zimnego i rozgrzanego jest regulowane przez urządzenie sterujące za pomocą elektrohydraulicznego nastawnika ciśnienia. Dzięki temu można było zrezygnować z regulatora fazy nagrzewania silnika. Nie ma też ciśnienia sterowania. Na tłok sterujący działa ciśnienie robocze.



Rys. 13.21
Regulator ciśnienia zasilania
1 – dopływ paliwa z rozdzielacza, 2 – powrót paliwa do zbiornika, 3 – śruba regulacyjna, 4 – sprężyna oporowa, 5 – uszczelniacz, 6 – dopływ paliwa z układu, 7 – talerzyk zaworu, 8 – przepona, 9 – sprężyna regulacyjna ciśnienia, 10 – korpus zaworu

Regulator ciśnienia układu nie jest już zintegrowany z rozdzielaczem paliwa, lecz stanowi oddzielny element (rys. 13.21).

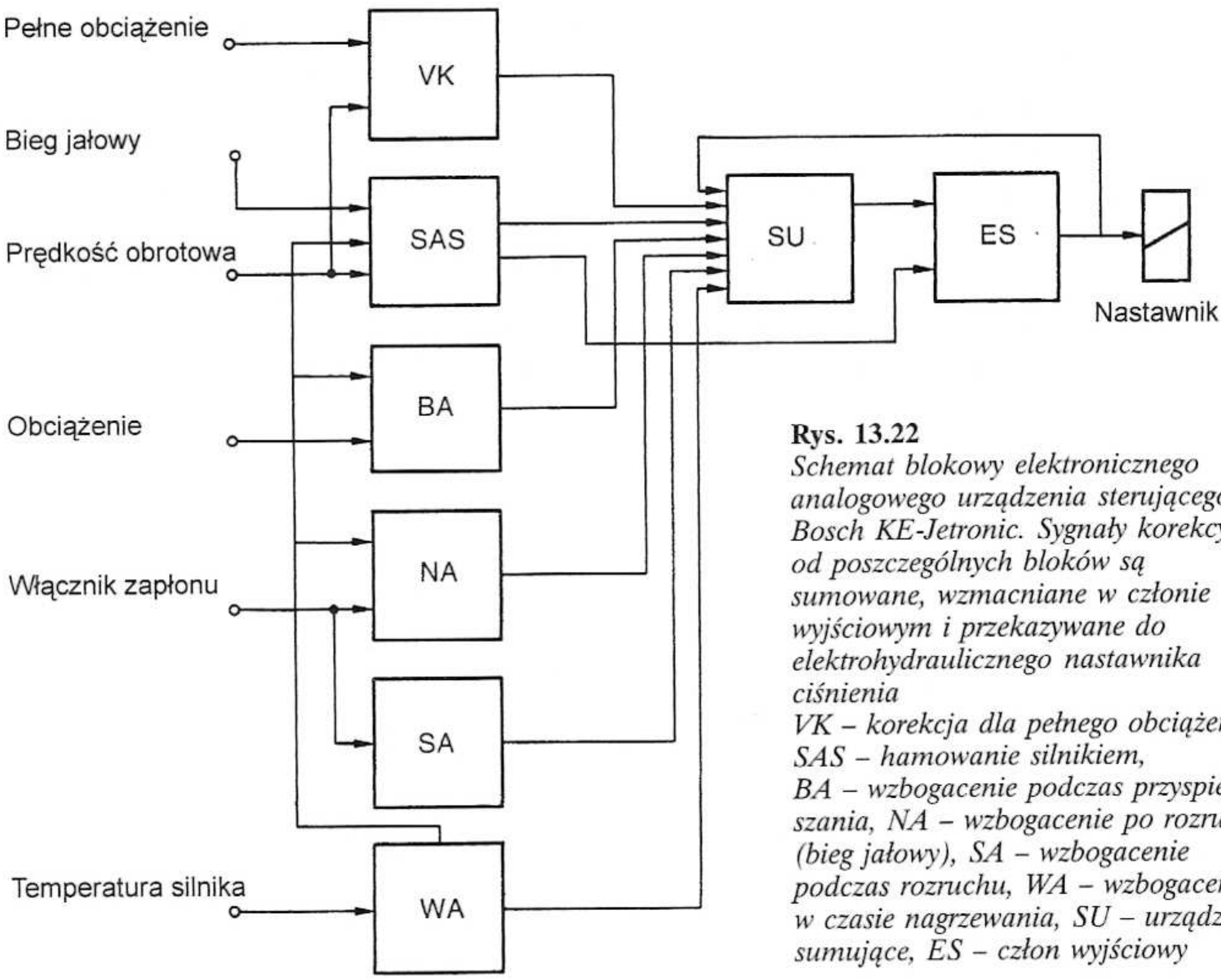
Ciśnienie robocze w układzie KE-Jetronic jest wyższe niż w K-Jetronic i musi być utrzymane na stałym poziomie.

13.2.2. Sygnały wejściowe i ich znaczenie dla sterowania elektronicznego (rys. 13.22)

Powiązany z przepustnicą **czujnik położenia przepustnicy** (rys. 13.23) ma zestyk dla położenia biegu jałowego i zestyk położenia pełnego obciążenia. Przy pełnym otwarciu przepustnicy zwiera się zestyk położenia pełnego obciążenia i urządzenie sterujące otrzymuje sygnał napięcia. W ten sposób przy większej prędkości obrotowej jest podawana mieszanka o odpowiednim składzie.

Gdy przy większej prędkości obrotowej jest zamknięty zestyk położenia biegu jałowego (przepustnica zamknięta) następuje hamowanie silnikiem. Podczas hamowania pojazdu nie następuje wtrysk paliwa aż do osiągnięcia zaprogramowanej granicy prędkości obrotowej.

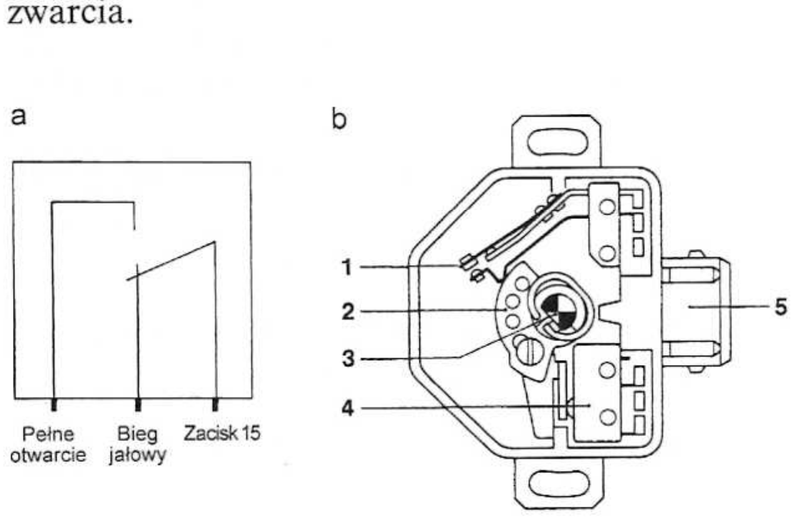
Dzięki temu oszczędza się paliwo i środowisko naturalne (mniejsza ilość spalin).



Rys. 13.22
Schemat blokowy elektronicznego analogowego urządzenia sterującego Bosch KE-Jetronic. Sygnały korekcyjne od poszczególnych bloków są sumowane, wzmacniane w członie wyjściowym i przekazywane do elektrohydraulicznego nastawnika ciśnienia
VK – korekcja dla pełnego obciążenia, SAS – hamowanie silnikiem, BA – wzbogacenie podczas przyspieszania, NA – wzbogacenie po rozruchu (bieg jałowy), SA – wzbogacenie podczas rozruchu, WA – wzbogacenie w czasie nagrzewania, SU – urządzenie sumujące, ES – człon wyjściowy

Działanie czujnika położenia przepustnicy sprawdza się przez pomiar rezystancji. Czujnik może być odpowiednio ustawiony dzięki szerokim otworom regulacyjnym. Zestyk położenia biegu jałowego musi być mocno zwarty przy zamkniętej przepustnicy.

Sygnał informujący o **prędkości obrotowej** silnika urządzenie sterujące KE-Jetronic otrzymuje z regulatora zapłonu. W niektórych rozwiązaniach układu KE-Jetronic wykorzystuje się ten sygnał także do ograniczania prędkości obrotowej. Sygnał jest sprawdzany za pomocą współczynnika trwania impulsu albo przez pomiar kąta zwarcia.

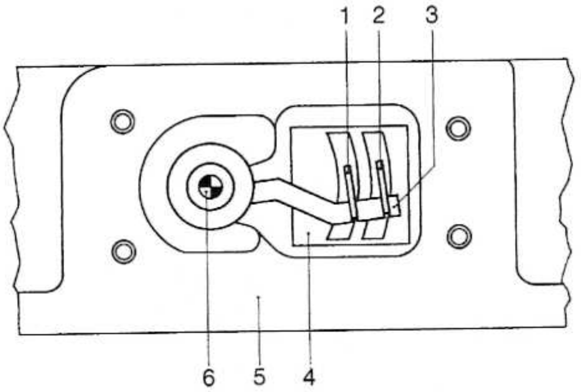


Rys. 13.23
Stycznik przepustnicy
a) symbol graficzny, b) widok
1 – zestyk położenia pełnego otwarcia, 2 – krzywka sterująca stykami, 3 – wałek przepustnicy, 4 – zestyk położenia biegu jałowego, 5 – złącze elektryczne

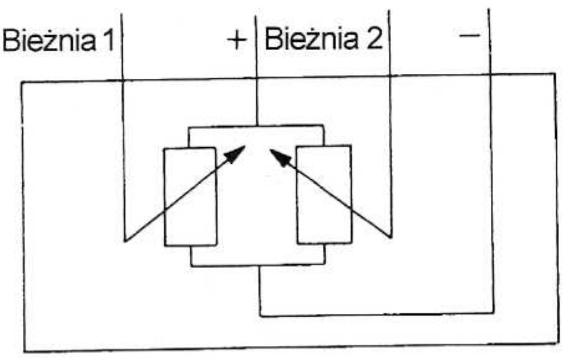
Pomiar obciążenia następuje za pomocą **potencjometru** na tarczy spiętrzającej, umieszczonej w przepływomierzu powietrza. Na podstawie zmieniającego się napięcia (na skutek zmiany rezystancji) urządzenie sterujące rozpoznaje położenie tarczy spiętrzającej i kierunek zmian jej położenia (rys. 13.24).

W zależności od zmian położenia tarczy spiętrzającej i czasu w jakim to następuje definiowany jest skład mieszanki dla fazy przyspieszania.

Potencjometr (rys. 13.24 i 13.25) jest sprawdzany przez pomiar rezystancji (albo spadku napięcia). Wraz z ruchem tarczy spiętrzającej powinna się zmieniać stopniowo rezystancja potencjometru (albo spadać napięcie).



Rys. 13.24
Potencjometr do ustalania położenia tarczy spiętrzającej
1 - szczotka zbierająca, 2 - szczotka główna, 3 - ramię ślizgacza, 4 - płytka potencjometru (widok w innej płaszczyźnie), 5 - obudowa przepływomierza powietrza, 6 - oś dźwigni tarczy spiętrzającej



Rys. 13.25
Symbol graficzny potencjometru

Przez **zacisk 50** urządzenie sterujące otrzymuje informację o rozpoczęciu rozruchu silnika i przez ok.1,5 sekundy zasila maksymalnym prądem elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia w celu wzbogacenia mieszanki w fazie rozruchu zimnego silnika. Następnie jest sterowana faza biegu jałowego w zależności od temperatury silnika (zasilanie mieszanką ciepłego silnika).

Temperatura silnika jest mierzona za pomocą rezystora NTC. Niezależnie od opisanych przypadków wartość temperatury jest także sygnałem wejściowym dla regulacji zasilania mieszanką w fazie przyspieszania i w fazie hamownia silnikiem.

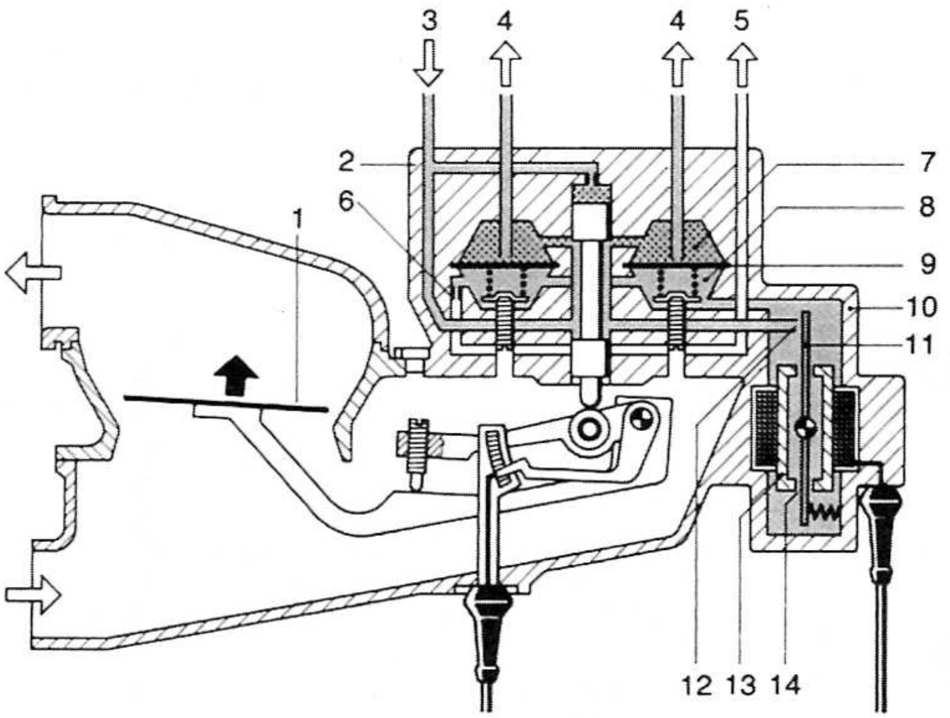
W samochodach wyposażonych w trzyfunkcyjny katalizator sygnał z **sondy lambda** jest podstawą dodatkowej korekcji obliczonego wcześniej prądu sterującego elektrohydraulicznym nastawnikiem ciśnienia.

Urządzenie sterujące jest zasilane napięciem. Poszukiwanie usterek należy rozpocząć od sprawdzenia napięcia oraz wszystkich połączeń z masą.

W niektórych rozwiązaniach są przetwarzane jeszcze inne sygnały wejściowe. Nie mają one jednak istotnego znaczenia dla działania układu.

13.2.3. Regulacja dawki wtrysku przez elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia

Elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia (rys. 13.26) zmienia ciśnienie w połączonych ze sobą dolnych komorach zaworów różnicowych. Oznacza to zmiany różnicy ciśnienia pomiędzy komorami dolnymi a ciśnieniem roboczym układu. Napięcie sterujące nastawnik jest doprowadzone z urządzenia sterującego.



Rys. 13.26
Elektrohydrauliczny nastawnik ciśnienia w rozdzielaczu paliwa. Urządzenie sterujące oddziałuje na płytkę oporową (11), która reguluje ciśnienie paliwa w górnych komorach zaworów różnicowych, a tym samym dawkę wtrysku. W ten sposób są możliwe także korekcje i dopasowania.
1 – tarcza spiętrzająca, 2 – rozdzielacz paliwa, 3 – dopływ paliwa z układu, 4 – doprowadzenie paliwa do wtryskiwaczy, 5 – powrót paliwa do regulatora ciśnienia, 6 – dławik stały, 7 – komora górna, 8 – komora dolna, 9 – przepona, 10 – nastawnik ciśnienia, 11 – płytka oporowa, 12 – dysza, 13 – biegun elektromagnesu, 14 – szczelina powietrzna

Prąd płynący przez uzwojenie elektromagnesów (13) wytwarza pole magnetyczne, oddziałujące na sprężystą płytkę oporową (11), która jest dociskana do dyszy (12). Powoduje to spadek ciśnienia w komorach dolnych i zwiększenie podstawowej dawki paliwa. Największa korekcja dawki paliwa występuje przy maksymalnym prądzie sterującym. Przy braku zasilania prądem (np. usterka w urządzeniu sterującym) płytka oporowa jest utrzymywana przez magnes trwały w stałym położeniu. Wówczas dawka wtryskiwanego paliwa nie może być korygowana.

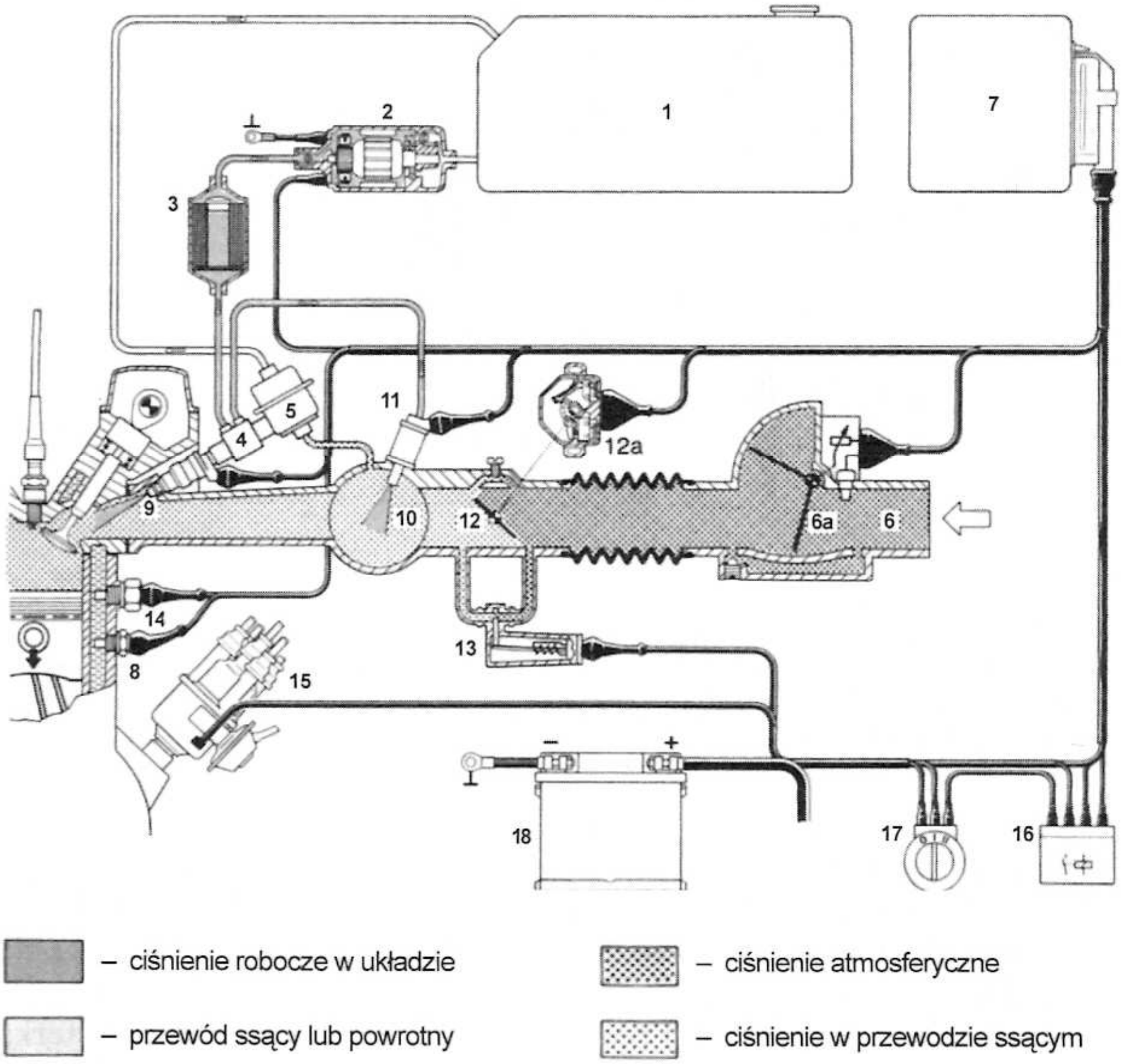
Za pomocą multimetru dokonujemy pomiaru prądu sterującego, płynącego z urządzenia sterującego. W razie zbyt dużych odchyleń od wymaganej wartości należy sprawdzić wszystkie sygnały wejściowe do urządzenia sterującego.

13.3. Wtrysk przerywany (układ L-Jetronic)

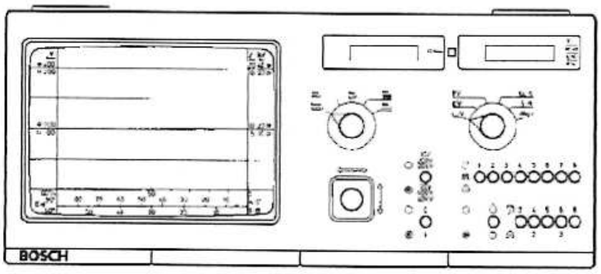
13.3.1. Ogólny opis działania układu

W układzie L-Jetronic (rys. 13.27) i jego odmianach (LU-, LE-, LH-Jetronic) elektrycznie sterowane robocze wtryskiwacze paliwa wtryskują do przewodów dolotowych, bezpośrednio przed zaworami dolotowymi, potrzebną silnikowi dawkę paliwa. Układem steruje urządzenie sterujące.

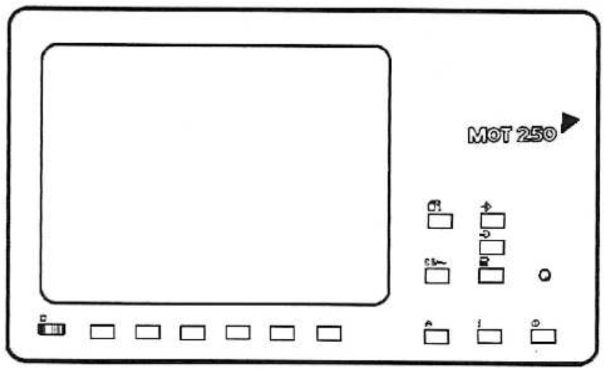
W celu obliczenia czasu wtrysku (dawki paliwa) urządzenie sterujące przetwarza różne sygnały wejściowe i ustala obciążenie silnika. Podstawowym parametrem jest ilość zasysanego powietrza (po niemiecku powietrze znaczy **Luft**, stąd nazwa **L**-Jetronic).



Rys. 13.27
Elementy i obwody ciśnienia układu Bosch L-Jetronic
1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – zasobnik paliwa, 5 – regulator ciśnienia, 6 – przepływomierz powietrza z tarczą spiętrzającą (6a), 7 – urządzenie sterujące, 8 – czujnik temperatury, 9 – wtryskiwacz roboczy, 10 – zbiorczy kolektor dolotowy, 11 – wtryskiwacz rozruchowy, 12 – przepustnica ze stycznikiem (12a), 13 – zawór suwakowy powietrza dodatkowego, 14 – wyłącznik termiczno-czasowy, 15 – rozdzielacz zapłonu, 16 – zespół przekaźników, 17 – wyłącznik zapłonu i rozruchu (stacyjka), 18 – akumulator



Rys. 10.1
Analogowy tester silnika

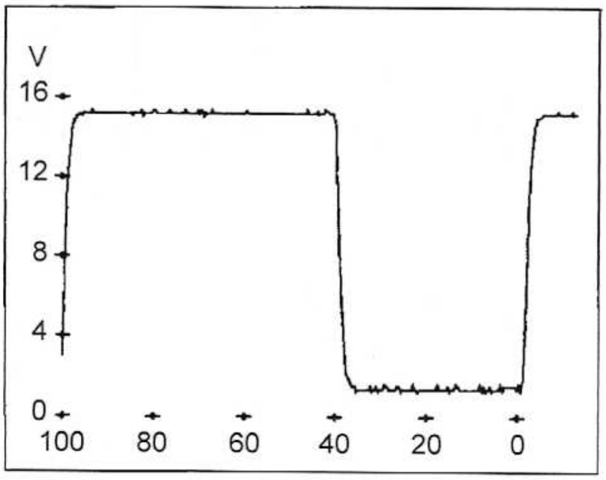


Rys. 10.2
Cyfrowy tester silnika

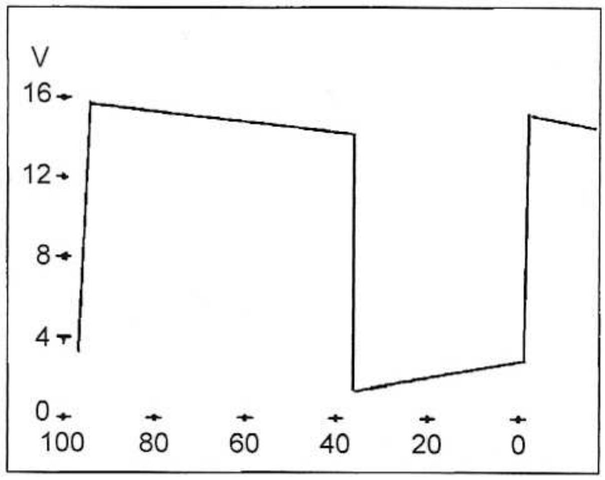
Oscyloskop cyfrowy (rys. 10.2) odczytuje co pewien czas sygnał pomiarowy, a następnie odwzorowuje go na monitorze. Ta, na pierwszy rzut oka, niekorzystna właściwość jest rekompensowana tym, że odwzorowane statycznie i odczytane obrazy można zapisać w pamięci, a nawet wydrukować. Dzięki temu można ustalić błędy, które w oscyloskopie analogowym nie zostaną zauważone, gdyż występują tylko okresowo albo zbyt krótko.

10.2. Sprzężenia DC/AC

Możliwe jest inne przedstawianie sygnałów pomiarowych, jeżeli zamiast sprzężonego z napięciem stałym wejścia pomiarowego DC dokonamy pomiaru przez wejście pomiarowe AC, sprzężone z prądem przemiennym (rysunki 10.3 i 10.4). Przy



Rys. 10.3
Sygnał prostokątny na oscyloskopie ze sprzężeniem DC



Rys. 10.4
Sprzężenie AC

sprzężeniu przemiennoprądowym AC zostaje odfiltrowana część napięcia stałego, aby zobaczyć na ekranie monitora tylko (interesującą nas) część prądu przemiennego, np. górne fale napięcia ładowania. Takie sprzężenie prowadzi jednak do tego, że obraz sygnałów wyłącznie stałoprądowych jest zniekształcony.

Elektryczna pompa paliwa (2) tłoczy paliwo ze zbiornika (1), przez filtr (3), do przewodu rozdzielczego. Regulator ciśnienia (5) utrzymuje ciśnienie na stałym poziomie, zależnym od ciśnienia w przewodzie dolotowym. Nadmiar paliwa jest odprowadzany z powrotem do zbiornika. Impuls elektryczny z urządzenia sterującego (7) powoduje otwarcie zaworów wtryskiwaczy. Na skutek panującego w układzie ciśnienia paliwo jest wtryskiwane do przewodów dolotowych. Ilość wtryskiwanego paliwa zależy od czasu otwarcia zaworu wtryskiwacza, czyli od okresu trwania impulsu z urządzenia sterującego.

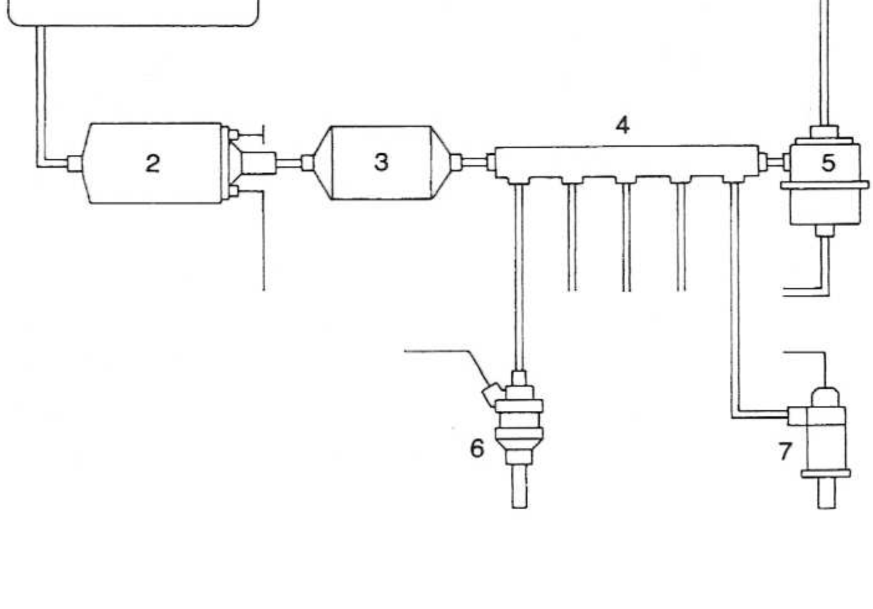
Prędkość obrotowa, ilość zassanego powietrza i jego temperatura, temperatura silnika oraz położenie przepustnicy są dla urządzenia sterującego podstawą do obliczenia dawki wtryskiwanego paliwa.

Podczas rozruchu, połączony z wyłącznikiem termiczno-czasowym (14), wtryskiwacz rozruchowy (11) wtryskuje przez krótki czas do przewodu dolotowego paliwo według opcji wzbogacenia podczas rozruchu zimnego silnika (podobnie jak w układach K- i KE-Jetronic). W najnowszych rozwiązaniach funkcja ta przejęta jest przez urządzenie sterujące i wtryskiwacze paliwa (nie ma wtryskiwacza rozruchowego i wyłącznika termiczno-czasowego). Wzbogacanie mieszanki przy prędkości obrotowej biegu jałowego za pomocą zaworu suwakowego powietrza dodatkowego jest rozwiązane tak samo, jak w układach K- i KE-Jetronic. Ostatnio stosowany jest dodatkowo nastawnik biegu jałowego, który pozwala na stabilizację obrotów i ich regulację.

13.3.2. Elementy składowe i ich funkcje

Obwód zasilania paliwem (rys. 13.28)

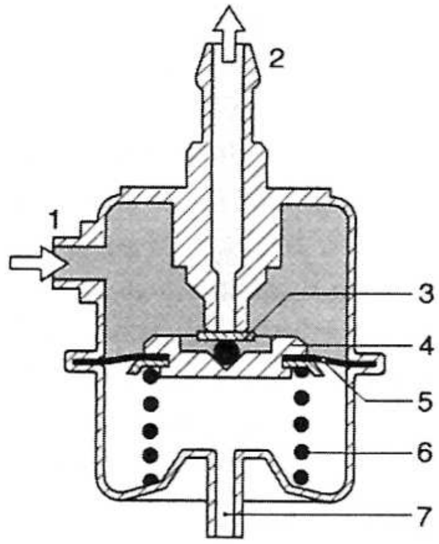
Elektryczna pompa paliwa i **filtr paliwa** mają przeważnie taką samą budowę i takie same zadania jak w układach K-Jetronic (p. 13.1.2). Wydajność pompy jest mierzona w przewodzie powrotnym z regulatora ciśnienia (rys. 13.29). Obwód



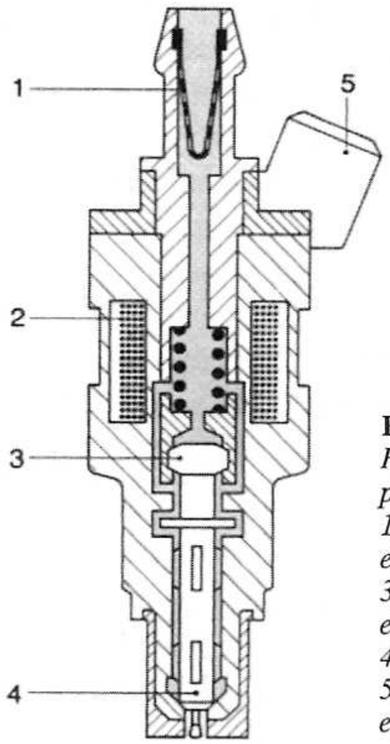
Rys. 13.28
Schemat obwodu zasilania paliwem
1 – zbiornik paliwa,
2 – elektryczna pompa paliwa,
3 – filtr paliwa, 4 – przewód rozdzielczy, 5 – regulator ciśnienia, 6 – wtryskiwacz roboczy, 7 – wtryskiwacz rozruchowy

bezpieczeństwa pompy paliwa (odłączenie pompy w razie wypadku) może być włączany zestykiem umieszczonym w przepływomierzu powietrza, przekaźnikiem sterującym albo przez urządzenie sterujące L-Jetronic.

Przewód rozdzielczy z umieszczonym na jego końcu regulatorem ciśnienia spełnia rolę zasobnika paliwa, tłumiącego wahania ciśnienia na wtryskiwaczach roboczych, wywołane przez nie same. Wtryskiwacze mogą być mocowane bezpośrednio na przewodzie rozdzielczym. Regulator ciśnienia utrzymuje ciśnienie paliwa na stałym poziomie 250 kPa lub 300 kPa (wartości zależne od producenta) w powią-



Rys. 13.29
Regulator ciśnienia
1 – dopływ paliwa, 2 – powrót paliwa do zbiornika, 3 – grzybek zaworu, 4 – trzon zaworu, 5 – przepona, 6 – sprężyna dociskowa, 7 – króciec przewodu podciśnienia



Rys. 13.30
Roboczy wtryskiwacz paliwa
1 – filtr, 2 – uzwojenie elektromagnesu, 3 – rdzeń elektromagnesu, 4 – igła rozpylacza, 5 – złącze elektryczne

zaniu z ciśnieniem w przewodzie dolotowym powietrza. Gumowy przewód, biegnący z przewodu dolotowego nie powinien być uszkodzony, nieszczelny lub ściśnięty. Gwarantuje to utrzymanie stałej różnicy ciśnienia paliwa i ciśnienia w przewodzie dolotowym powietrza, zależnego od obciążenia silnika (zawsze stały spadek ciśnienia między wtryskiwaczem i przewodem dolotowym).

Pomiaru ciśnienia paliwa dokonuje się w przewodzie rozdzielczym, przed regulatorem ciśnienia, przeważnie po zdjęciu gumowego przewodu podciśnieniowego. Po ponownym założeniu przewodu wartość ciśnienia powinna być mniejsza o 30 do 60 kPa.

Budowa **wtryskiwaczy roboczych** (rys. 13.30) i rozruchowego jest w zasadzie taka sama.

Po zasileniu prądem uzwojenia elektromagnesu (2) pole magnetyczne unosi rdzeń elektromagnesu (trzon zaworu) wraz z igłą rozpylacza (4), przezwyciężając opór sprężyny. Znajdujące się pod ciśnieniem paliwo dostaje się do przewodu dolotowego. Kształt gniazda igły i sama igła decydują o kształcie strumienia wtrysku. Sprężyna dociskowa powinna gwarantować szczelność zaworu wtryskiwacza.

Cieknące, nieszczelne wtryskiwacze powodują trudności z rozruchem silnika z powodu zbyt bogatej mieszanki. Ponadto odkładające się osady w gnieździe igły i na samej igle prowadzą do zmniejszania ilości wtryskiwanego paliwa i zmiany kształtu strumienia wtryskiwanego paliwa. To z kolei powoduje gorsze zasilanie podczas fazy rozgrzewania i zwiększania prędkości obrotowej silnika. Dotyczy to szczególnie samochodów eksploatowanych na krótkich trasach albo długo nie używanych.

Wtryskiwacze można czyścić specjalnymi dodatkami do paliwa (należy sprawdzić, czy je toleruje katalizator!) albo za pomocą ultradźwięków (absolutnie wykluczone jest czyszczenie mechaniczne!).

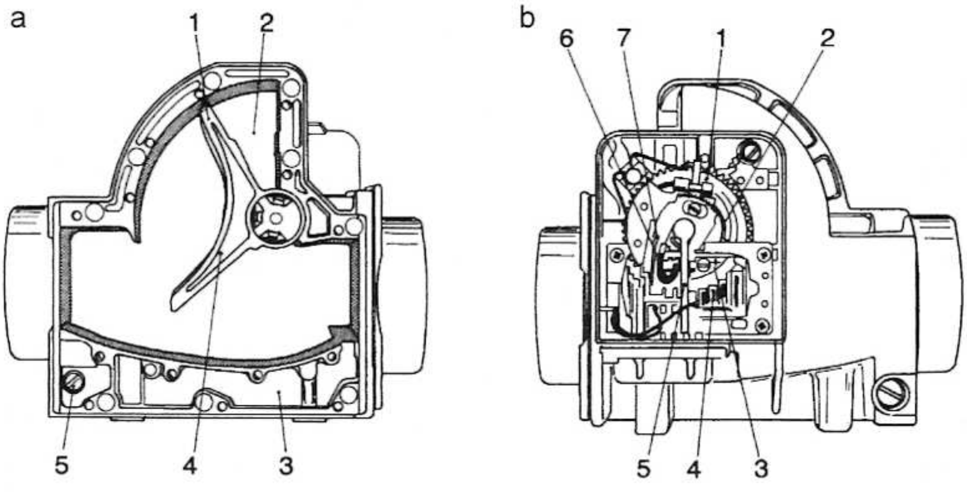
Wtryskiwacze zwykle są sterowane sygnałem masy z urządzenia sterującego. Przez zacisk 15 albo za pośrednictwem przekaźnika sterującego wtryskiwacze są połączone z biegunem dodatnim (+) akumulatora. Rzadziej (starsze pojazdy) wtryskiwacze są na stałe połączone z masą, a urządzenie sterujące wysyła sygnał prądowy (+).

Urządzenie sterujące wysyła odpowiedni sygnał sterujący do wszystkich wtryskiwaczy jednocześnie, do połowy z nich, albo do każdego z osobna (patrz punkt 13.3.3).

Sygnał wtrysku (sygnał ti)może być zmierzony za pomocą współczynnika trwania impulsu. Możliwe jest także sprawdzenie lampą oscyloskopową. Zasilanie napięciem jest kontrolowane woltomierzem.

Pomiar obciążenia za pomocą przepływomierza powietrza

W podstawowej wersji L-Jetronic ilość zasysanego powietrza jest ustalana za pomocą przepływomierza powietrza (rys. 13.31). Znajduje się on pomiędzy przepustnicą i filtrem powietrza, gdzie pulsacja powietrza jest już mniejsza.



Rys. 13.31
Przepływomierz powietrza
a) widok od strony powietrza
1 – przesłona kompensacyjna, 2 – objętość tłumiąca, 3 – by-pass (przewód obejściowy), 4 – tarcza spiętrzająca, 5 – wkręt regulacyjny mieszanki biegu jałowego (by-pass)
b) widok od strony połączeń elektrycznych
1 – wieniec zębaty do napinania sprężyny, 2 – sprężyna powrotna, 3 – bieżnia oporowa, 4 – płytka ceramiczna z rezystorami i przewodami, 5 – złącze ślizgacza, 6 – ślizgacz, 7 – zestyk pompy paliwa

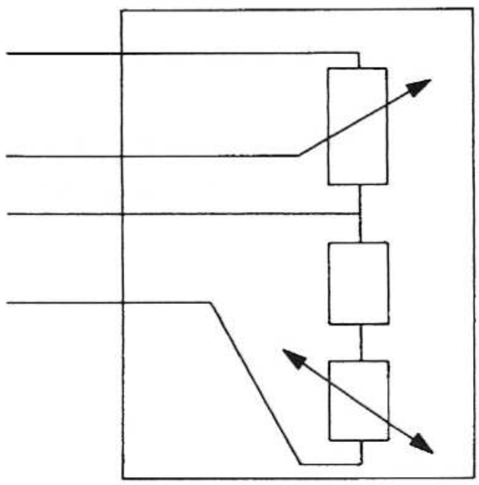
Zassane przez silnik powietrze odchyla przesłonę spiętrzającą przepływomierza (4), pokonując siłę sprężyny. Sprzężony z przesłoną ślizgowy zestyk potencjometru zmienia jego rezystancję.

Zmiana rezystancji wywołuje spadek napięcia, na podstawie którego urządzenie sterujące rozpoznaje położenie przesłony spiętrzającej, a tym samym także ilość zassanego powietrza.

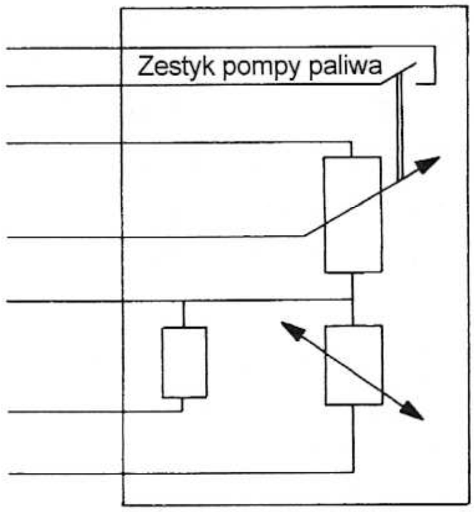
Przesłona kompensacyjna (1) i objętość tłumiąca (2) eliminują zbyt duże drgania przesłony spiętrzającej, spowodowane strugą zasysanego powietrza lub nagłymi zmianami obciążenia silnika.

Wkrętem regulacyjnym składu mieszanki biegu jałowego (5) koryguje się ilość powietrza, która jest przepuszczana bez pomiaru poza przesłoną spiętrzającą przepływomierza. Zmienia się przez to ilość tlenku węgla (CO) w spalinach w czasie pracy biegu jałowego. W samochodach z regulacją lambda przeważnie nie ma już tego wkręta regulacyjnego.

Precyzyjne dozowanie wtryskiwanej ilości paliwa wymaga skorygowania ilości powietrza według temperatury zasysanego powietrza. Ilość tę oblicza urządzenie sterujące. Czujnikiem temperatury zasysanego powietrza jest rezystor NTC (rzadziej PTC), często zintegrowany z przepływomierzem powietrza (rys. 13.32).



Rys. 13.32
Symbol graficzny przepływomierza powietrza



Rys. 13.33
Symbol graficzny przepływomierza powietrza z zestykiem pompy paliwa

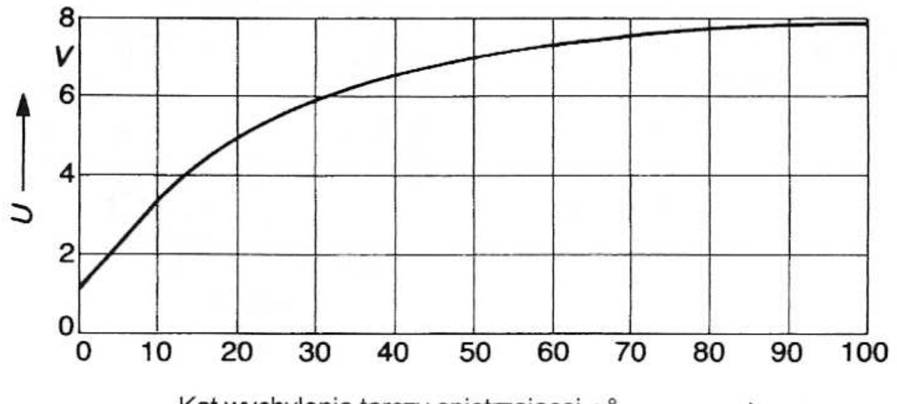
Obwód bezpieczeństwa elektrycznej pompy paliwa w układzie L-Jetronic często jest włączany zestykiem umieszczonym w przepływomierzu powietrza (rys. 13.33). Wychylenie przesłony spiętrzającej powoduje zamknięcie zestyku. Przy wyłączonym silniku zestyk jest otwarty, a tym samym przerwany obwód zasilania elektrycznego pompy paliwa, nawet przy włączonym zapłonie. Włączanie obwodu bezpieczeństwa pompy paliwa jest rozwiązywane też tak, jak w układzie K-Jetronic, tj. przez przekaźnik bezpieczeństwa. W nowszych konstrukcjach funkcję tę przejmuje urządzenie sterujące wykorzystując czujnik prędkości obrotowej (sygnał td).

Sprawdzając przepływomierz należy skontrolować opisane wyżej trzy jego funkcje. Zestyk włączania pompy paliwa sprawdza się mierząc rezystancję. Nawet przy niewielkim wychyleniu przesłony spiętrzającej zestyk się zwiera.

Czujnik temperatury zasysanego powietrza (NTC) jest także sprawdzany przez pomiar rezystancji. Zmiana temperatury musi wywoływać odpowiednie zmiany rezystancji. Należy zwrócić uwagę, czy mierzymy tylko rezystancję NTC, czy również rezystora wstępnego (por. rysunki dwóch wersji czujnika).

Jeżeli w określonych warunkach obciążenia występuje nierównomierność pracy silnika, należy także sprawdzić działanie potencjometru.

Sprawdzanie należy rozpocząć od bieżni oporowej, mierząc rezystancję, co umożliwi wykrycie przerw w obwodzie i zwarć. Odbiór napięcia przez ślizgacz sprawdza się mierząc spadek napięcia (pomiar rezystancji byłby zbyt niedokładny). Zależność wartości napięcia od stopnia otwarcia przesłony spiętrzającej (wychylamy ją podczas pomiaru ręcznie) przedstawiono na rysunku 13.34.



Rys. 13.34
Przebieg napięcia potencjometru

Pomiar należy naturalnie przeprowadzić (podobnie jak podczas sprawdzania NTC) przy włączonym zasilaniu napięciem z akumulatora.

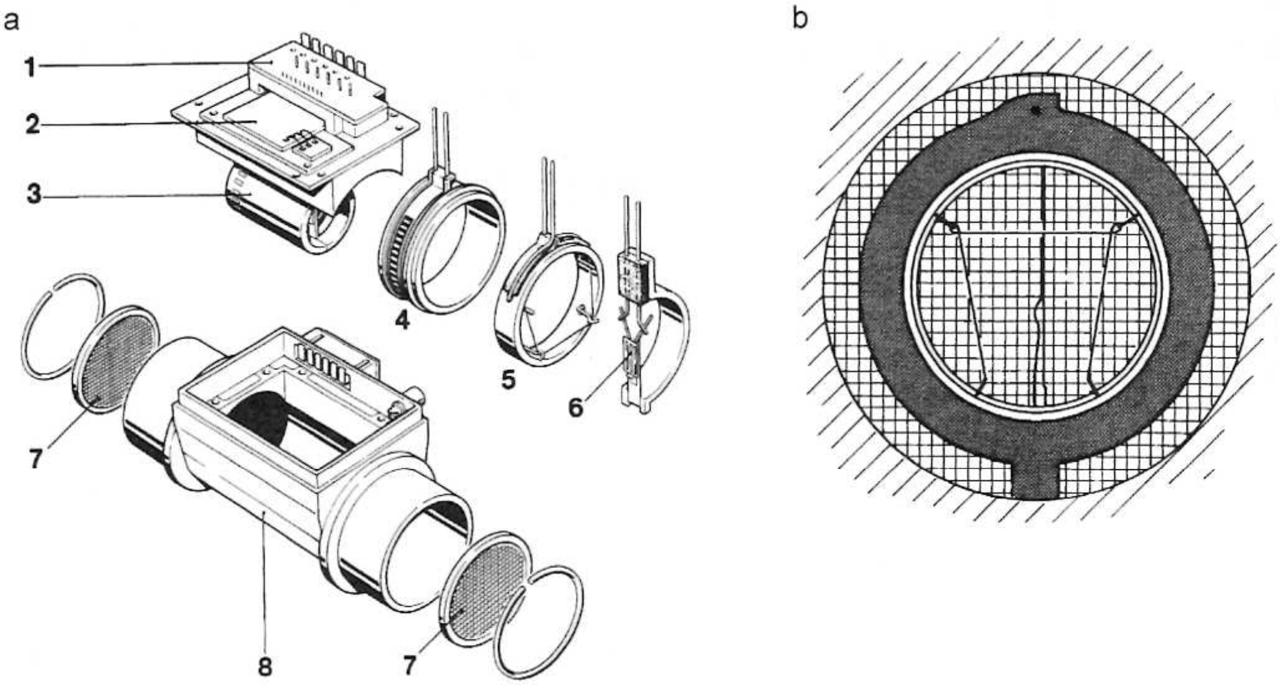
Najdokładniejszy wynik sprawdzania bieżni oporowej i ślizgacza otrzymuje się po wymontowaniu przepływomierza powietrza, podłączeniu wejścia potencjometru do źródła częstotliwości ok. 500–800 Hz, zmierzeniu częstotliwości na wyjściu ze ślizgacza (zacisk 7) i przeanalizowaniu obrazu na ekranie oscyloskopu. Podczas wolnego, ręcznego wychylania przesłony spiętrzającej zmienia się w sposób ciągły wielkość obrazu na ekranie oscyloskopu. Ewentualne nagłe skoki albo wypadanie obrazu oznaczają przerwę w obwodzie albo uszkodzenie bieżni oporowej lub ślizgacza.

Podczas poszukiwania usterki, oprócz sprawdzenia prawidłowości działania przepływomierza powietrza, należy zwrócić uwagę, czy do przewodu dolotowego nie dostaje się dodatkowe (fałszywe) powietrze. Oznaczałoby to obecność niezmierzonej i nieuwzględnionej w obliczeniach czasu wtrysku ilości powietrza, a tym samym zbyt ubogą mieszankę. Nierównomierna praca silnika i zbyt mała zawartość CO w spalinach na biegu jałowym mogą świadczyć o nieszczelności silnika i przewodu dolotowego.

Przyczynami zbyt dużej i nie dającej się skorygować zawartości CO w spalinach podczas biegu jałowego mogą być mechaniczne usterki w silniku, za duże ciśnienie paliwa w układzie albo zbyt mały nacisk sprężyny przesłony spiętrzającej. Nie należy wtedy demontować przepływomierza powietrza i zwiększać nacisku sprężyny, gdyż prowadzi to do rozregulowania całego układu.

Określenie obciążenia przez pomiar ilości powietrza

Również w układach wtryskowych mechaniczne elementy zastępuje się coraz częściej urządzeniami elektronicznymi. Stosowany w układzie L-Jetronic pomiar ilości zasysanego powietrza za pomocą przepływomierza w układzie LH-Jetronic zastąpiono pomiarem na zasadzie **termoanemometru** (rys. 13.35).



Rys. 13.35
Przepływomierz powietrza z termoanemometrem drutowym
a) budowa
1 – cokół z zaciskami, 2 – element hybrydowy. Zawiera mostek z rezystorami, obwód regulacyjny utrzymujący stałą temperaturę i obwód czyszczenia (wypalania) osadów na gorącym drucie, 3 – rura wewnętrzna, 4 – precyzyjny rezystor pomiarowy, 5 – element z rozgrzewanym elektrycznie drutem, 6 – rezystor kompensacyjny temperatury, 7 – siatka ochronna, 8 – obudowa
b) widok ogólny, we wnętrzu gardzieli pomiarowej jest rozpięty platynowy drut o średnicy 70 μm

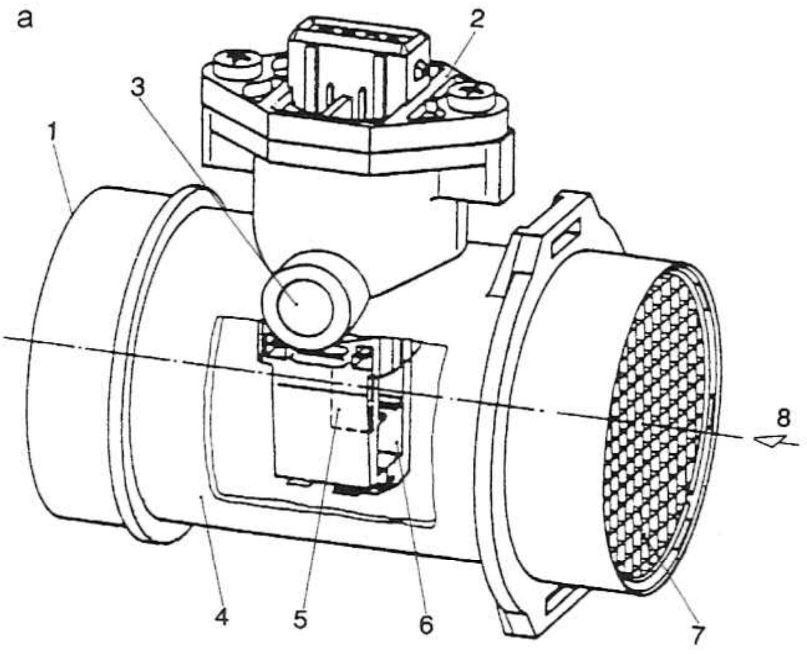
(Pozostałe funkcje układu LH-Jetronic nie różnią się od układu L-Jetronic). Jego działanie polega na tym, że zasysane powietrze opływa gorący drut. Jest on rozgrzewany elektrycznie odpowiednio do ilości przepływającego powietrza tak, aby jego temperatura była wyższa od temperatury zasysanego powietrza zawsze o stałą wartość (przeważnie o 130–150°C). Utrzymanie stałej różnicy temperatury przy zwiększonej ilości powietrza chłodzącego drut wymaga wzmocnienia prądu elektrycznego płynącego drutem. Wartość natężenia prądu jest podstawą obliczenia obciążenia silnika.

Zanieczyszczenia i trwałe osady na drucie grzejnym fałszują wynik pomiaru. Dlatego po zatrzymaniu silnika drut jest nagrzewany do wysokiej temperatury w celu wypalenia zanieczyszczeń.

W samochodach bez regulacji lambda skład mieszanki biegu jałowego jest dodatkowo korygowany za pomocą potencjometru.

Drut grzejny stanowi znikomy opór dla przepływającego powietrza, co sprzyja uzyskaniu lepszych osiągów silnika.

Dalszym rozwinięciem idei pomiaru ilości powietrza za pomocą gorącego drutu jest pomiar za pomocą **termoanemometru warstwowego** (rys. 13.36a).



Rys. 13.36 a
Przepływomierz powietrza z termoanemometrem warstwowym a) widok ogólny 1 – siatka ochronna, 2 – element mocujący z wtykiem, 3 – otwór technologiczny do regulacji laserowej, 4 – obudowa, 5 – termoanemometr warstwowy, 6 – gardziel pomiarowa, 7 – siatka gardzieli stabilizacji przepływu, 8 – wlot powietrza

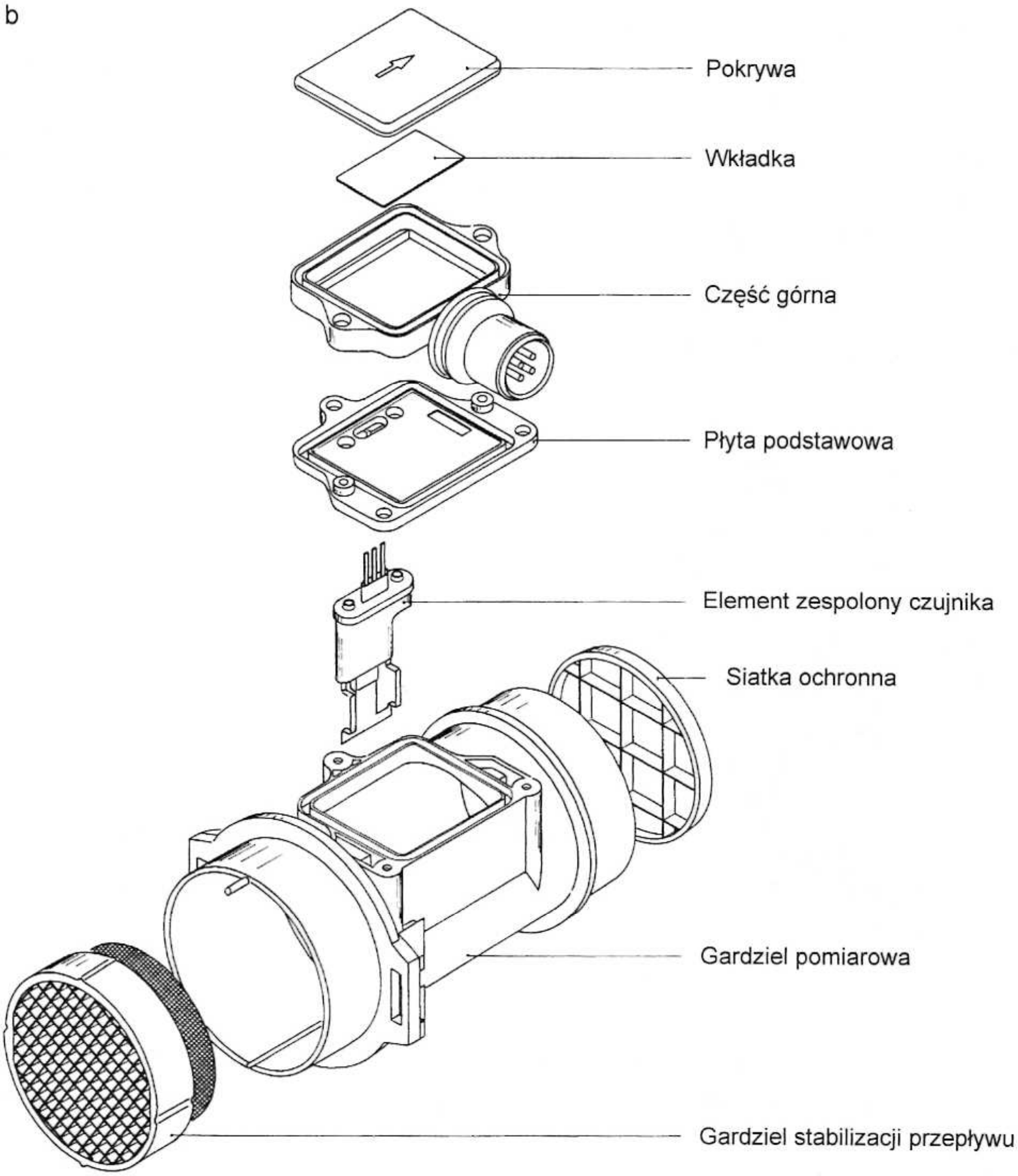
Element pomiarowy (5) wyregulowany jest tak, aby jego temperatura była zawsze wyższa o 180°C od temperatury zasysanego powietrza. Wypalanie osadów w wysokiej temperaturze nie jest tu konieczne. Element pomiarowy jest odporny na wstrząsy i wpływy pola elektromagnetycznego.

Połączenie mostkowe (rys. 13.36b) utrzymuje stałą wartość różnicy temperatur. Większa ilość przepływającego powietrza to lepsze chłodzenie i obniżenie temperatury elementu pomiarowego. Im niższa temperatura, tym mniejsza rezystancja, co z kolei zwiększa natężenie prądu, który bardziej nagrzewa element pomiarowy. Wartość natężenia prądu jest dla urządzenia sterującego informacją o obciążeniu silnika (bezpośrednia zależność od masy zasysanego powietrza).

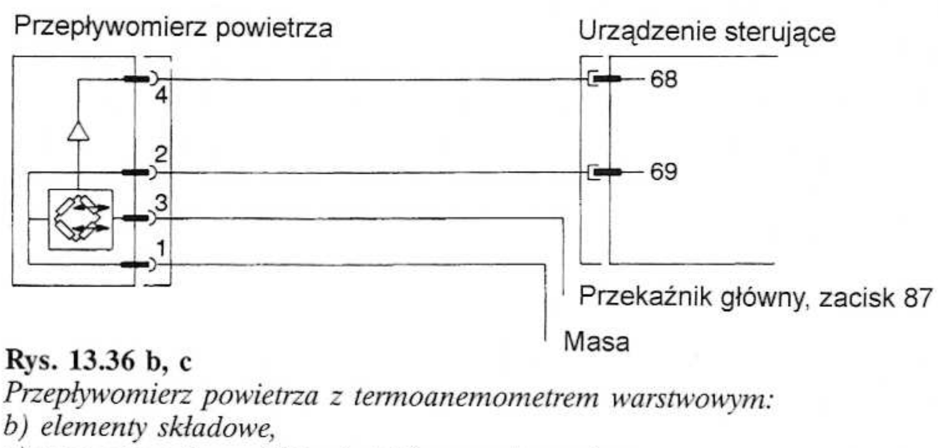
Dalsze sygnały wejściowe służące pomiarowi obciążenia

Temperatura cieczy chłodzącej (rezystor NTC) jest dla urządzenia sterującego informacją o temperaturze silnika. Zimny silnik otrzymuje mieszankę o składzie obliczonym w urządzeniu sterującym na podstawie charakterystyki zakodowanej w jego pamięci. Skład mieszanki i wartość graniczna temperatury, do której taka mieszanka jest podawana, są różne u poszczególnych producentów.

b



c



Rys. 13.36 b, c

Przepływomierz powietrza z termoanemometrem warstwowym:
b) elementy składowe,
c) przeznaczenie zacisków i styków przepływomierza

1 – masa, 2 – połączenie z masą, 3 – zasilanie urządzenia sterującego: 68 – wejście, 69 – wejście, 4 – sygnał wyjściowy

Przy braku sygnału z czujnika do obliczeń jest brana zastępcza wartość temperatury. Może to jednak powodować utrudniony rozruch i nierównomierną pracę silnika w fazie nagrzewania, gdyż wartość zastępcza temperatury odnosi się na ogół do silnika rozgrzanego.

Przy braku wartości zastępczej, zwarciu w obwodzie albo wypadnięciu sygnału, mieszanka nie jest wzbogacana (mała rezystancja obwodu odpowiada gorącemu silnikowi). Przerwanie obwodu elektrycznego czujnika (nieskończenie duża rezystancja obwodu odpowiada ekstremalnie zimnemu silnikowi) powoduje największe możliwe wzbogacenie mieszanki.

Czujnik położenia przepustnicy dostarcza dalszej informacji dla korekcji składu mieszanki. Przy zamkniętym zestyku biegu jałowego jest realizowany indywidualny program zasilania przy prędkości obrotowej biegu jałowego. Zwiększenie prędkości obrotowej przy zamkniętym zestyku biegu jałowego powoduje rozpoczęcie hamowania silnikiem.

Zamknięcie zestyku pełnego obciążenia uruchamia proces wzbogacania mieszanki dla pełnego obciążenia silnika.

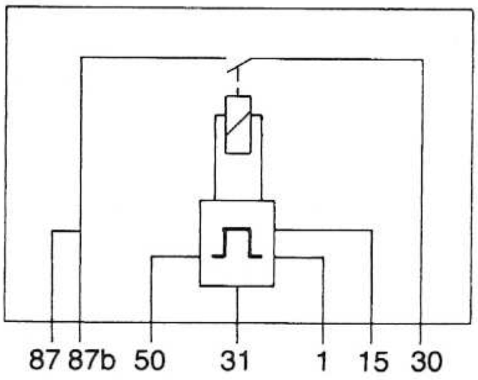
Podczas każdego poszukiwania usterek należy sprawdzić działanie i ustawienia czujnika położenia przepustnicy.

Producenci kładący szczególny nacisk na niezawodność i dokładność sterowania układem wtryskowym zastępują zestykowy czujnik położenia przepustnicy czujnikiem potencjometrycznym. Za jego pośrednictwem urządzenie sterujące rozpoznaje każde położenie przepustnicy i (w razie braku informacji o obciążeniu z przepływomierza powietrza) tylko na tej podstawie może realizować ograniczony program regulacji składu mieszanki. Jeżeli wszystkie czujniki są sprawne, urządzenie sterujące preferuje informację o położeniu przepustnicy przed informacją o zmianach ilości zasysanego powietrza. Pozwala to na jeszcze dokładniejszą regulację wtrysku, szczególnie na wzbogacanie mieszanki podczas przyspieszania.

Najważniejszą informacją dla układu L-Jetronic jest jednak **sygnał-td na zacisku 1** (informacja o prędkości obrotowej). Trafia on do urządzenia sterującego z cewki zapłonowej albo bezpośrednio z urządzenia sterującego układu zapłonowego. Sygnał ten oraz informacje o obciążeniu są podstawą do obliczenia dawki wtryskiwanego paliwa i czasu wtrysku. Bez sygnału td nie może nastąpić wtrysk. Sygnał td jest sprawdzany za pomocą kąta zwarcia (patrz punkt 12.2) albo współczynnika trwania impulsu.

Przekaźnik bezpieczeństwa, nazywany także **przekaźnikiem sterującym**, (rys. 13.37) po włączeniu zapłonu łączy urządzenie sterujące, wtryskiwacze, zawór suwakowy powietrza dodatkowego, czujnik położenia przepustnicy i przepływomierz powietrza z biegunem dodatnim akumulatora. Jeżeli z obwodem tym jest również zintegrowana pompa paliwa, wówczas musi być także aktywny sygnał z zacisku 1. Bez tego sygnału obwód będzie otwarty.

Urządzenie sterujące może być także **zasilane napięciem** bezpośrednio z dodatniego bieguna akumulatora albo z zacisku 15, bez pośrednictwa przekaźnika sterującego. Układ zawierający pamięć diagnostyczną musi być na stałe połączony z biegunem dodatnim akumulatora, aby przechowywać kody usterek.



Rys. 13.37
Przekaźnik sterujący

Urządzenie sterujące wykorzystuje sygnał napięcia w celu dopasowania czasu wtrysku do wartości napięcia instalacji elektrycznej. Konieczna jest kompensacja zmian napięcia, żeby uwzględnić czas otwierania się zaworu wtryskiwacza (opóźnienie reakcji) na skutek niższego napięcia w instalacji, co mogłoby prowadzić do niedostarczenia pełnej, obliczonej dawki paliwa.

Należy zawsze sprawdzić wszystkie połączenia z masą.

Warto wspomnieć jeszcze o dwóch sygnałach wejściowych, które w początkowym okresie rozwoju układu L-Jetronic były niezbędne. Poprzez **zacisk 50** informacja o rozruchu silnika trafiała do urządzenia sterującego, które rozpoczynało proces regulacji mieszanki fazy rozruchu zimnego silnika i fazy zwiększania prędkości obrotowej. Obecnie stosowane urządzenia sterujące rozpoznają poszczególne fazy na podstawie prędkości obrotowej.

Sygnał o wysokości n.p.m. pochodził od czujnika barometrycznego z potencjometrem. Był on podstawą do korekcji obliczeń w urządzeniu sterującym ilości zasysanego powietrza. Czujnik wysokości mógł być umieszczony bezpośrednio w urządzeniu sterującym. W układach, w których jest mierzony masowy wydatek powietrza a nie objętościowy albo zastosowano regulację lambda, nie ma już potrzeby przeprowadzania takiej korekcji.

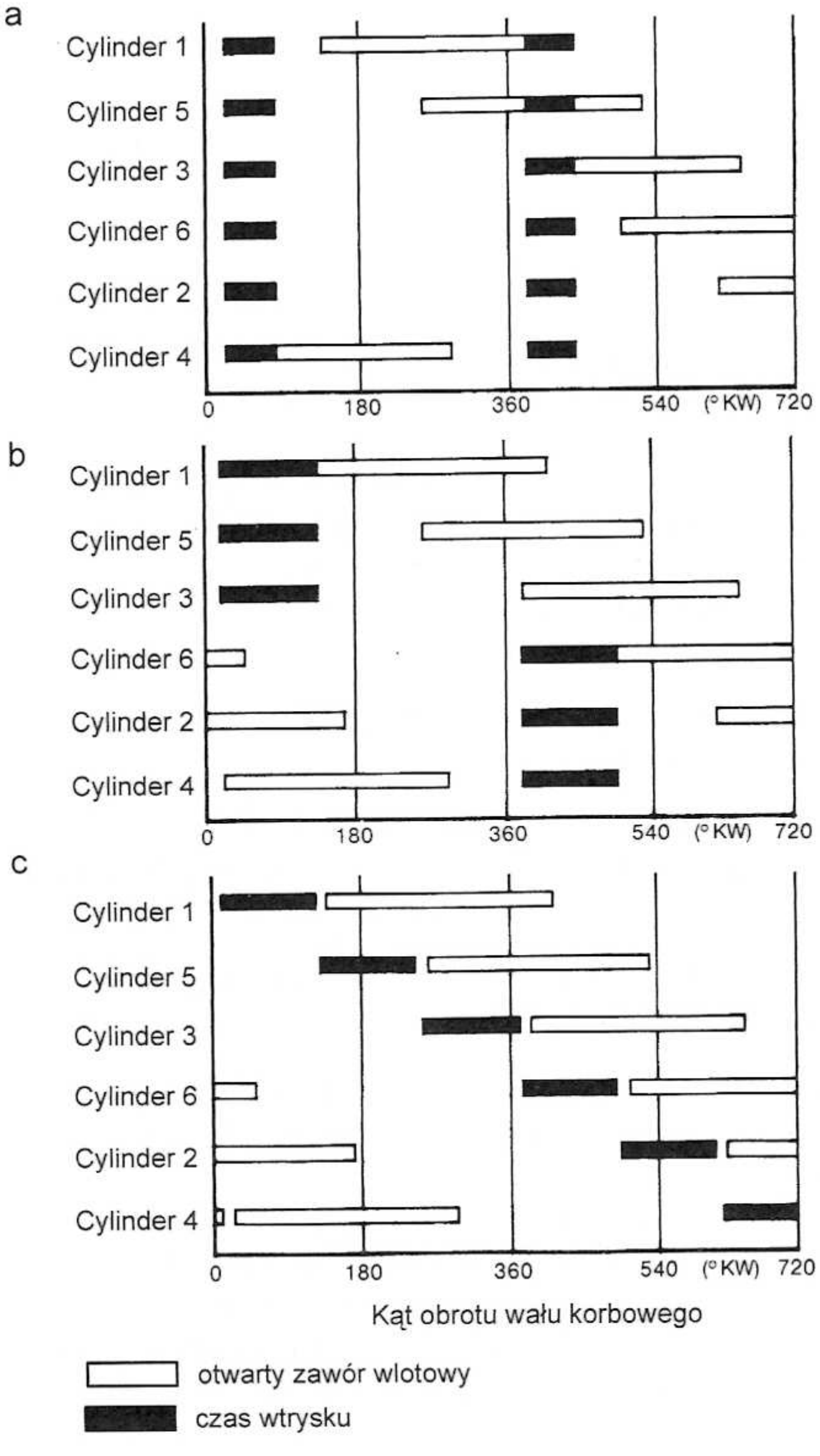
We współczesnych samochodach wyposażonych w trzyfunkcyjne katalizatory urządzenie sterujące otrzymuje również sygnał z **sondy lambda** (patrz punkt 13.5).

13.3.3. Funkcje urządzenia sterującego

Za pomocą opisanych poprzednio sygnałów wejściowych urządzenie sterujące może rozpoznać stan pracy i obciążenie silnika i na tej podstawie obliczyć wielkość dawki paliwa, która jest określona czasem otwarcia wtryskiwaczy. Działanie wtryskiwaczy jest sterowane impulsami masy (sygnały ti). W początkowych albo tańszych rozwiązaniach układu L-Jetronic wszystkie wtryskiwacze były sterowane równocześnie. Wtryskiwały one po każdym obrocie wału korbowego połowę dawki paliwa. W kolejnych wersjach tych układów spryskiwacze połączono w dwie grupy (wtrysk półsekwencyjny). Każda grupa wtryskiwała na przemian po dwóch obrotach wału pełną dawkę paliwa. Grupy tworzono zgodnie z kolejnością pracy cylindrów.

W obu tych rozwiązaniach mogło dochodzić do wtrysku przy otwartym zaworze dolotowym. Nie gwarantowało to wcześniejszego przygotowania i dokładnego wymieszania mieszanki. Idealnym rozwiązaniem jest sekwencyjny (wielopunktowy) układ wtryskowy, w którym każdy z wtryskiwaczy jest sterowany indywidualnie, odpowiednio do kolejności pracy cylindrów i w odpowiedniej chwili wytryskuje paliwo. Gwarantuje to zakończenie wtrysku przed otwarciem właściwego zaworu dolotowego.

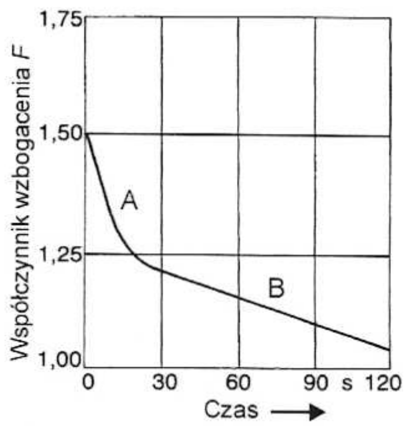
Do wytrysku sekwencyjnego rządzenie sterujące wymaga odpowiedniej liczby członów wyjściowych i sygnału z czujnika wału rozrządu albo możliwości rozpoznawania położenia cylindrów. Wielopunktowe układy wtryskowe są przeważnie zintegrowane z układami zapłonowymi (np. Motronic). Na rysunku 13.38 zestawiono porównawczo różne rozwiązania układów wtryskowych.



Rys. 13.38
Porównanie rozwiązań układów wtryskowych:
a) wtrysk równoczesny,
b) wtrysk półsekwensyjny,
c) wtrysk sekwencyjny

Obok funkcji podstawowych urządzenia sterujące mają także inne funkcje, indywidualnie zaprogramowane przez producentów, realizowane w poszczególnych fazach pracy silnika.

Podczas rozruchu zimnego silnika straty kondensacji paliwa są wyrównywane albo za pomocą wtryskiwacza rozruchowego albo jest realizowany specjalny program sterowania **zimnym rozruchem** z wykorzystaniem wtryskiwaczy roboczych. Realizacja tego programu rozpoczyna się po rozpoznaniu przez urządzenie sterujące fazy rozruchu, w powiązaniu z temperaturą cieczy chłodzącej. Po rozruchu rozpoczyna się faza wzbogacenia mieszanki przy **zwiększonej prędkości obrotowej biegu jałowego** (rys. 13.39). Jest ona ograniczona w czasie i zależna od temperatury.



Rys. 13.39
Przebieg wzbogacania mieszanki podczas nagrzewania silnika. Współczynnik wzbogacenia w funkcji czasu:
A – faza zależności głównie od czasu,
B – faza zależności głównie od temperatury

Informacje o temperaturze silnika są często wykorzystywane do precyzyjnej regulacji także podczas **hamownia silnikiem**; przy zimnym silniku hamowanie nie może wystąpić, lecz dopiero przy większej prędkości obrotowej.

Wzbogacenie mieszanki podczas **przyspieszania** zależy zarówno od zmiany stopnia obciążenia silnika, jak i od jego temperatury.

Brak sygnału z czujnika temperatury podczas przyspieszania zimnego silnika objawia się szarpaniem i przerywaniem.

Również **regulacja lambda** jest ściśle związana z temperaturą silnika. Zaczyna ona działać po przekroczeniu pewnej wartości temperatury (nie chodzi tylko o temperaturę katalizatora).

Zbyt wczesna regulacja lambda przy zimnym silniku spowodowałaby jego nierównomierną pracę, a nawet zatrzymanie.

Ograniczenie maksymalnej **prędkości obrotowej** w samochodach z katalizatorem jest realizowane przez odcięcie dopływu paliwa. Funkcja ta jest także zaprogramowana w urządzeniu sterującym.

Dalsze zaprogramowane funkcje to własne ustawienia prędkości obrotowej biegu jałowego i wzbogacanie mieszanki przy **pełnym obciążeniu**. Obie funkcje są realizowane w powiązaniu z temperaturą silnika i jego prędkością obrotową.

Program dla biegu jałowego może zawierać także **regulację prędkości obrotowej**. Wtedy zamiast zaworu suwakowego powietrza dodatkowego występuje

nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego. Dzięki temu prędkość biegu jałowego może być precyzyjnie dostosowana do wszystkich warunków eksploatacji.

13.3.4. Ogólny schemat elektryczny układu

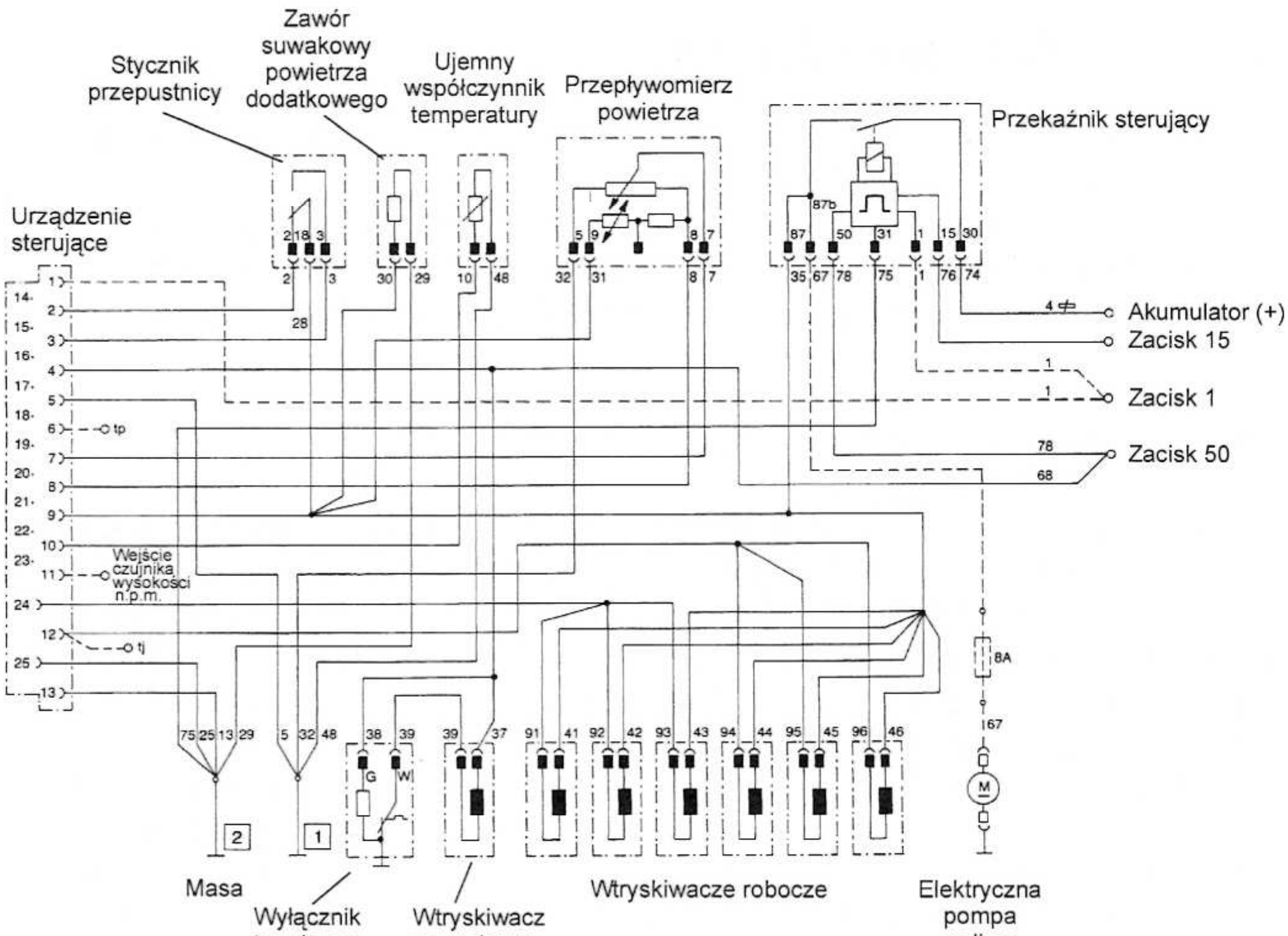
Na rysunku 13.40 przedstawiono schemat elektryczny uproszczonego układu L-Jetronic, bez regulacji lambda; opisano poszczególne sygnały i wskazano sposoby ich sprawdzania.

Styk 1 – sygnały zacisku 1 (także w przekaźniku sterującym). Sprawdzanie przez pomiar kąta zwarcia albo współczynnika trwania impulsu.

Styk 2 – napięcie akumulatora przy zamkniętym zestyku położenia biegu jałowego i aktywnym urządzeniu sterującym. Sprawdzanie przez pomiar napięcia.

Styk 3 – podobnie, jak styk 2, ale przy zamkniętym zestyku położenia pełnego otwarcia

Styk 4 – napięcie akumulatora podczas rozruchu przez zacisk 50. Pomiar napięcia.



Rys. 13.40
Schemat elektryczny układu Bosch L-Jetronic

Styk 5 – masa. Pomiar rezystancji.
Styk 7 – sygnał napięcia z potencjometru. Wartość napięcia 1–10 V w zależności od położenia tarczy spiętrzającej. Warunkiem pomiaru jest podłączenie napięcia do styku 9 przepływomierza powietrza. Pomiar napięcia.
Styk 8 – sygnał napięcia z rezystora NTC w przepływomierzu powietrza (zależność od temperatury) o wartości 8–10 V. Pomiar napięcia.
Styk 9 – zasilanie napięciem akumulatora za pośrednictwem przekaźnika sterującego. Sprawdzanie przez pomiar napięcia.
Styk 10 – wyjście sygnału napięcia z urządzenia sterującego do rezystora NTC. Pomiar rezystancji przy odłączonym wtyku urządzenia sterującego, pomiędzy stykiem 10 i masą (wartość 2,5 kΩ ± 10% przy 20°C)
Styki 12, 24 – sygnał ti dla wtryskiwaczy. Pomiar współczynnikiem trwania impulsu z dodatnim biegunem akumulatora. Zależność od obciążenia w przedziale 3% na biegu jałowym i do 99,9% przy pełnym obciążeniu.
Syki 13, 25 – masa. Pomiar rezystancji.
Styki 6, 11, 14 do 23 – nie wykorzystane.

13.4. Układ Mono-Jetronic

Układ Mono-Jetronic (rys. 13.41) jest jednopunktowym układem wtryskowym stosowanym w mniejszych silnikach.

Zastosowano w nim tylko jeden wtryskiwacz, umieszczony nad przepustnicą w zespole wtryskowym. Każdy impuls zapłonu wywołuje w urządzeniu sterującym sygnał wtrysku przerywanego. Podstawowe funkcje są podobne do układu L-Jetronic.

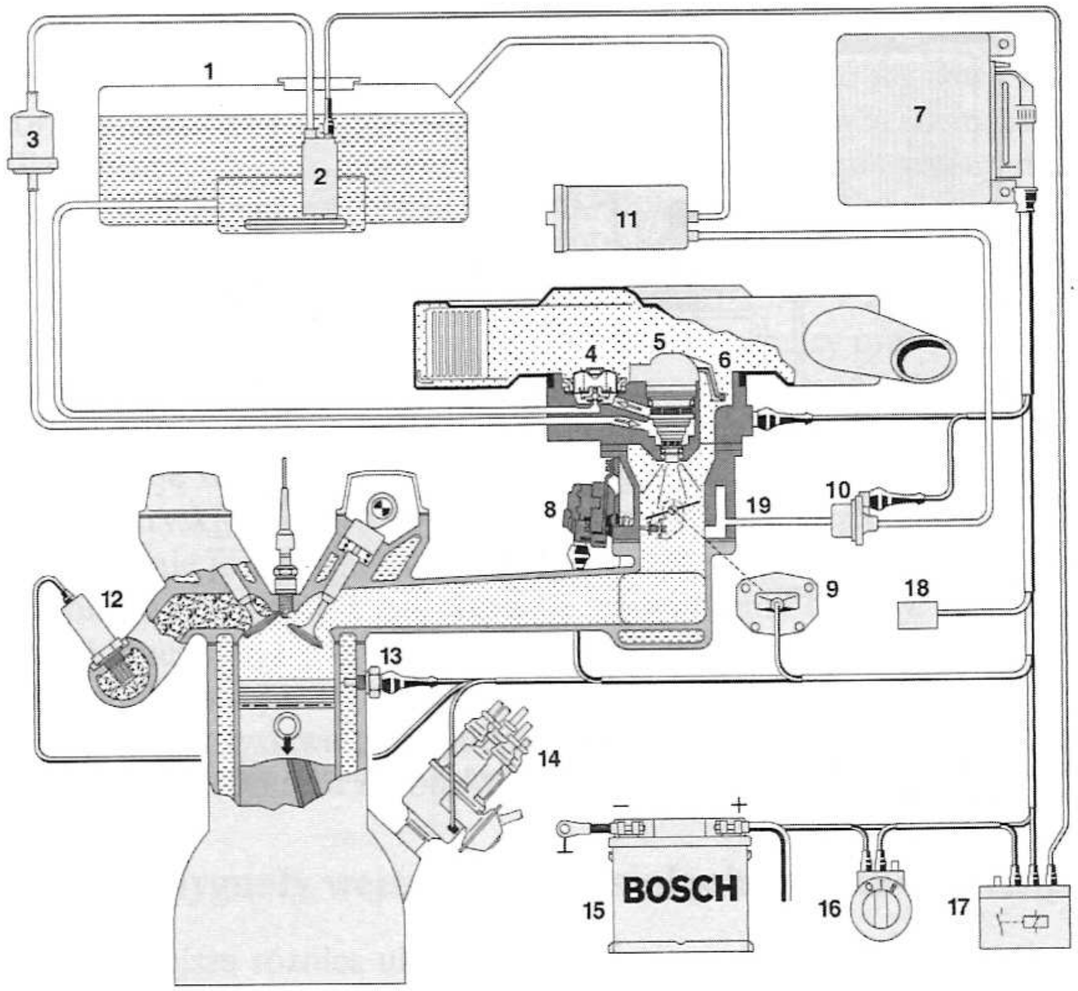
13.4.1. Obwód zasilania paliwem

W układach Mono-Jetronic przeważnie są montowane strumieniowe pompy wirnikowe, rzadziej wyporności owe pompy rolkowo-komorowe.

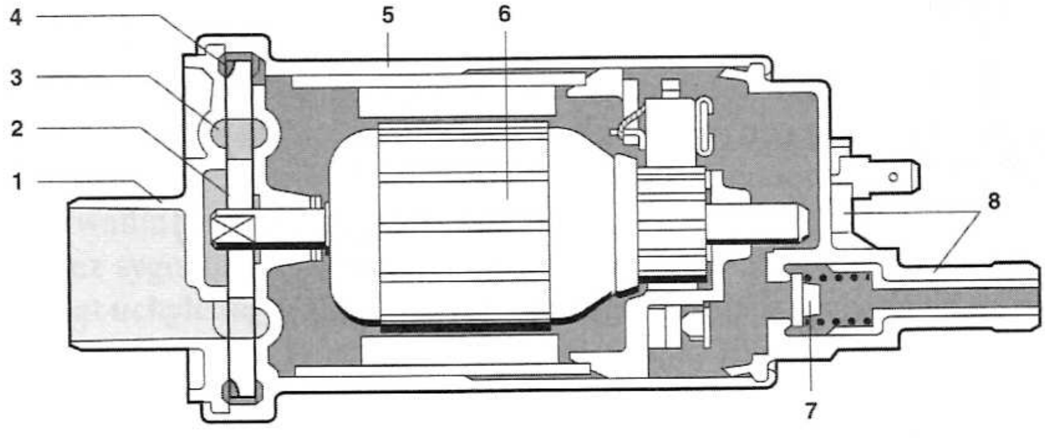
W związku z niewielkim zużyciem paliwa przez małe silniki i mniejszym ciśnieniem w układzie (ok. 100 kPa), pompa paliwa nie musi osiągać dużych wydajności. Najczęściej jest ona umieszczana bezpośrednio w zbiorniku paliwa, tworząc z czujnikiem poziomu paliwa jeden zespół (rys. 13.42).

Paliwo jest zasysane przez obracający się wirnik pompy (2) wraz z umieszczonym w nim wewnętrznym wieńcem łopatkowym (3). Przez kanały w pokrywie i obudowie pompy od strony ssawnej paliwo dostaje się do pompy obwodowej (4), której zewnętrznym wieńcem łopatkowym jest przemieszczane dalej.

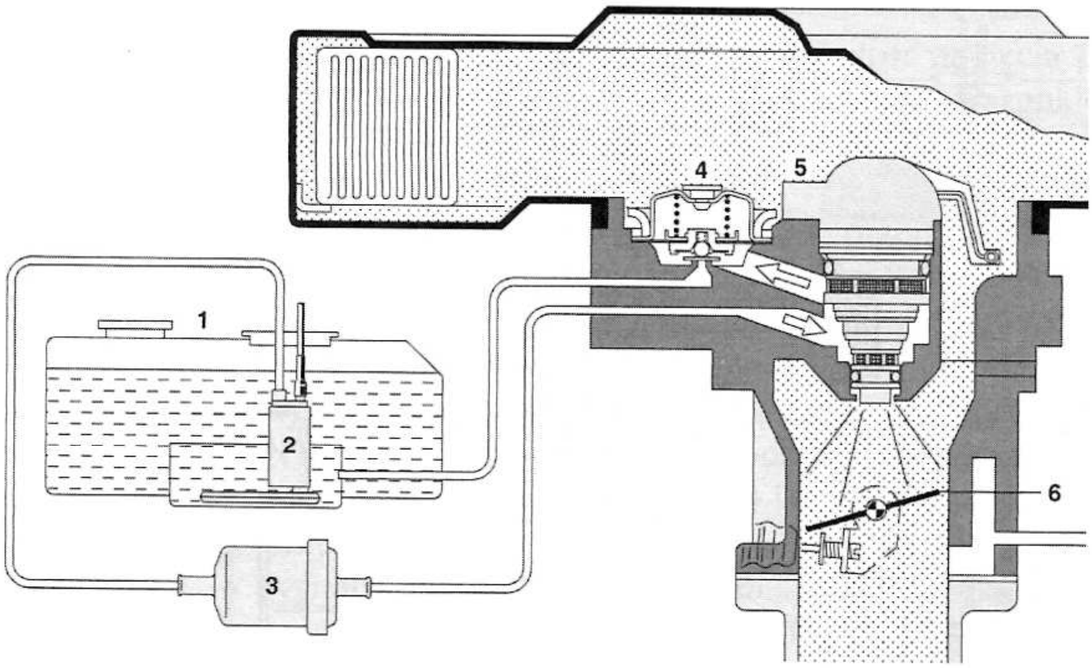
Wydajność pompy istotnie zależny od jej prędkości obrotowej, a więc od napięcia w instalacji elektrycznej. Wydatek pompy jest mierzony na przepływie paliwa powrotnego.



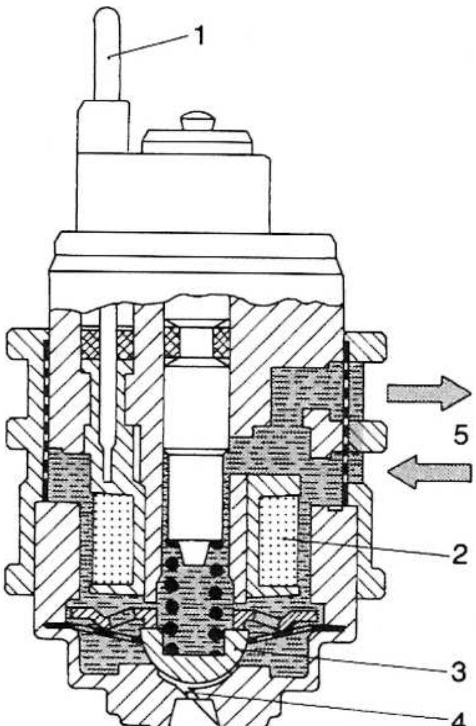
Rys. 13.41
Elementy składowe układu Mono-Jetronic
1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – regulator ciśnienia paliwa, 5 – wtryskiwacz, 6 – czujnik temperatury powietrza zassanego, 7 – urządzenie sterujące, 8 – regulator temperatury, 9 – czujnik położenia przepustnicy (potencjometr), 10 – zawór regeneracyjny (regulacja przepływu par paliwa), 11 – pojemnik z węglem aktywnym, 12 – sonda lambda, 13 – czujnik temperatury silnika, 14 – rozdzielacz zapłonu, 15 – akumulator, 16 – wyłącznik zapłonowo-rozruchowy (stacyjka), 17 – przekaźnik



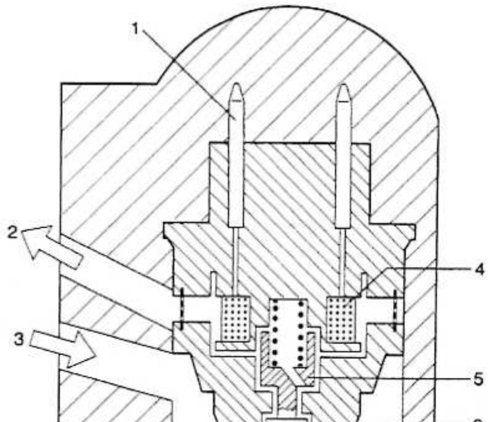
Rys. 13.42
Dwustopniowa elektryczna pompa paliwa do zabudowy w zbiorniku paliwa z pompą bocznikowo-wirnikową (wstępny stopień) i pompą obwodowo-wirnikową (główny stopień)
1 – pokrywa od strony ssawnej z króćcem, 2 – wirnik pompy, 3 – pompa bocznikowo-wirnikowa, 4 – pompa obwodowo-wirnikowa, 5 – obudowa pompy, 6 – wirnik silnika, 7 – zawór zwrotny, 8 – pokrywa z króćcem przewodu tłoczenia



Rys. 13.43
Obwód zasilania paliwem w układzie Bosch Mono-Jetronic
1 – zbiornik paliwa, 2 – elektryczna pompa paliwa, 3 – filtr paliwa, 4 – regulator ciśnienia, 5 – wtryskiwacz, 6 – przepustnica



Rys. 13.44
Wtryskiwacz paliwa z końcówką kulistą
1 – złącze elektryczne, 2 – cewka, 3 – kulista końcówka zaworu, 4 – skośnie wiercone otwory, 5 – odpływ i dopływ paliwa



Rys. 13.45
Wtryskiwacz paliwa z końcówką stożkową
1 – złącze elektryczne, 2 – odpływ paliwa, 3 – dopływ paliwa, 4 – uzwojenie elektromagnesu, 5 – rdzeń elektromagnesu, 6 – igła zaworu, 7 – dysza

Po opuszczeniu pompy paliwo dostaje się do filtra i dalej do zespołu wtryskiwaczy (rys. 13.43). Nadmiar paliwa powraca do zbiornika przez regulator ciśnienia. Regulator utrzymuje stałą różnicę ciśnienia paliwa w układzie względem ciśnienia otoczenia. Wynosi ona ok. 100 kPa). Wtryskiwacz paliwa jest umieszczony nad przepustnicą. Struga wtryskiwanego paliwa przyjmuje kolisty kształt. Wtryskiwacz umieszczono tak, aby szybki strumień zasysanego powietrza gwarantował dobre wymieszanie paliwa.

Stosowane są różne wtryskiwacze (rysunki 13.44 i 13.45), które co do zasady działania są takie same, jak już opisane. Prąd płynący przez uzwojenie elektromagnesu (cewkę) wytwarza pole magnetyczne, które unosi rdzeń cewki zakończony igłą zaworu (może być w formie kulistej). Znajdujące się pod ciśnieniem paliwo przedostaje się do kolektora dolotowego. Po odłączeniu prądu sprężyna zamyka zawór wtryskiwacza. Ponieważ w układzie panuje względnie niskie ciśnienie paliwa, więc nie jest potrzebne silne pole magnetyczne i mocna sprężyna zamykająca zawór. Czas reakcji wtryskiwacza jest dzięki temu krótszy. Jest to konieczne, aby wtryskiwacz mógł pracować z dużą częstotliwością (taką samą, jak powstawanie iskry zapłonowej w cylindrach).

Budowa wtryskiwacza i wynikający z niej kształt strugi paliwa są dopasowane do konstrukcji kolektora dolotowego powietrza i wielkości silnika.

13.4.2. Sygnały wejściowe do ustalenia warunków eksploatacji

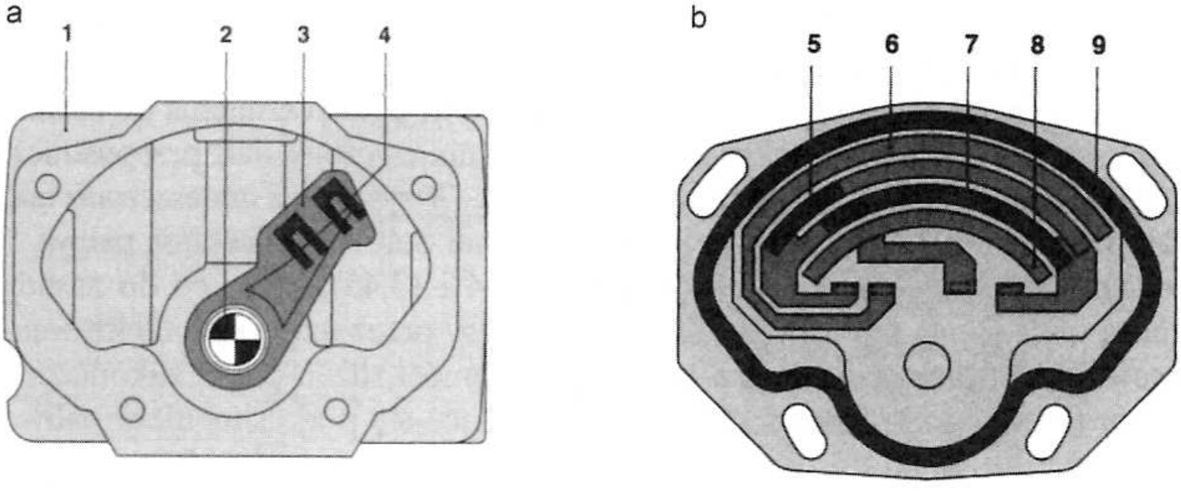
Najistotniejszą różnicą układu Mono-Jetronic w stosunku do opisanych już układów wtryskowych jest to, że nie jest mierzona ilość (masa) zasysanego powietrza, lecz jest ona obliczana na podstawie kąta uchylenia przepustnicy (α) i prędkości obrotowej silnika (n). Stąd też jest używana nazywa „sterowanie α/n". Przy określonym stopniu otwarcia przepustnicy i określonej prędkości obrotowej może być zassana określona ilość powietrza. Układ tych zależności ustalono w drodze doświadczalnej na stanowiskach badawczych, a wyniki zaprogramowano w pamięci urządzenia sterującego. Konieczne sygnały wejściowe urządzenie sterujące otrzymuje przez zacisk 1 – prędkość obrotową silnika n i kąt uchylenia przepustnicy α (potencjometr przepustnicy).

Sygnał na zacisku 1 (sygnał td) urządzenie sterujące Mono-Jetronic otrzymuje z urządzenia sterującego układu zapłonowego (oba te urządzenia bywają w Mono-Jetronic zintegrowane). Sygnał ten może być zmierzony za pomocą współczynnika trwania impulsu albo kąta zwarcia.

Bez sygnału prędkości obrotowej nie może nastąpić wtrysk paliwa.

Kąt uchylenia przepustnicy urządzenie sterujące rozpoznaje na podstawie zmiany rezystancji **potencjometru przepustnicy** (rys. 13.46).

Potencjometr ten ma dwie bieżnie rezystancyjne o różnych charakterystykach. Jedna dla dolnego zakresu obciążenia (kąt otwarcia 0–24°), w którym niewielkie zmiany kąta otwarcia przepustnicy powodują duże zmiany w ilości zassanego powietrza. Druga bieżnia jest przeznaczona dla górnego zakresu obciążenia (kąty otwarcia 18 – 90°). Prędkość obrotowa biegu jałowego i pełne obciążenie są rozpoznawane przez urządzenie sterujące po kącie otwarcia przepustnicy.



Rys. 13.46
Potencjometr czujnika położenia przepustnicy:
a) obudowa ze ślizgaczem
1 – dolna część zespołu wtryskowego, 2 – wałek przepustnicy, 3 – ramię ślizgacza, 4 – ślizgacz
b) pokrywa obudowy z bieżniami oporowymi
5 – bieżnia oporowa 1, 6 – bieżnia kolektorowa 1, 7 – bieżnia oporowa 2, 8 – bieżnia kolektorowa 2, 9 – uszczelka okrągła

Obie bieżnie mogą być sprawdzone przez pomiar rezystancji. W trakcie otwierania przepustnicy rezystancja powinna się zmieniać płynnie. Ważny jest przy tym dobry styk bieżni ze ślizgaczem i ochrona czujnika przed wilgocią oraz korozją.

Położenie potencjometru względem przepustnicy jest ściśle określone. Przy ewentualnej wymianie potencjometru należy ściśle przestrzegać wskazówek montażowych producenta.

W razie uszkodzenia potencjometru przepustnicy urządzenie sterujące przyporządkuje czasy wtrysku do określonej prędkości obrotowej. Pozwoli to na awaryjny tryb pracy silnika.

Temperatura silnika także w tym układzie jest mierzona za pomocą rezystora NTC.

Do pomiaru **temperatury zasysanego powietrza** również zastosowano rezystor NTC. Umieszczono go w zespole wtryskowym na wtryskiwaczu (rys. 13.47).

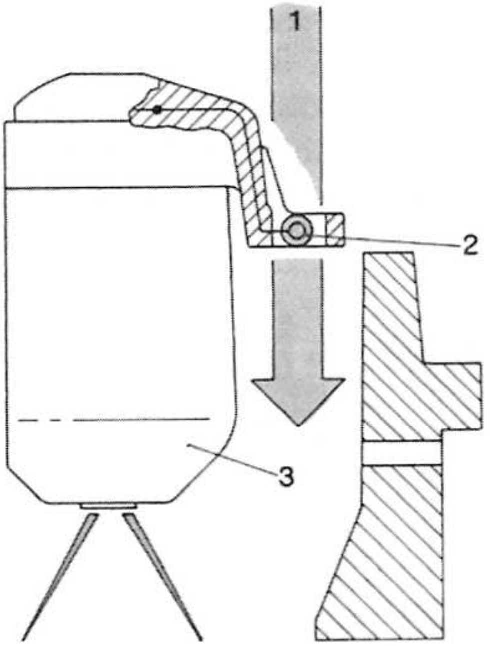
Napięcie akumulatora (przez zacisk 15) w układzie Mono-Jetronic nie tylko zasila urządzenie sterujące, ale jego wartość jest także brana pod uwagę do obliczania czasu wtrysku.

Połączenia z **masą** muszą być w należytym stanie technicznym.

Z uwagi na wyposażenie urządzenia sterującego w pamięć diagnostyczną jest konieczne stałe jego połączenie z **biegunem dodatnim** akumulatora.

Na podstawie sygnału z **sondy lambda** jest przeprowadzana korekcja i regulacja wtórna czasu wtrysku (porównaj p. 13.5).

W układzie z regulacją prędkości obrotowej biegu jałowego za pomocą nastawnika przepustnicy (zamiast nastawnika termicznego) urządzenie sterujące otrzymuje różne dodatkowe sygnały w celu stabilizacji pracy silnika na biegu jałowym:

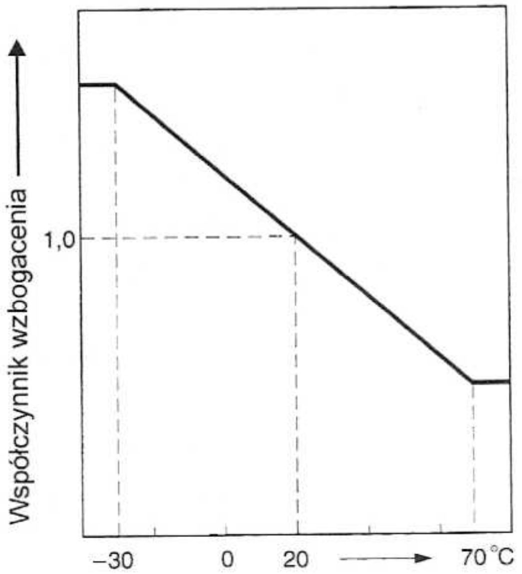


Rys. 13.47
Czujnik temperatury zasysanego powietrza
1 - powietrze zasysane
2 - rezystor NTC
3 - wtryskiwacz

np. z układu klimatyzacji, czy automatycznej skrzynki przekładniowej (patrz następny punkt).

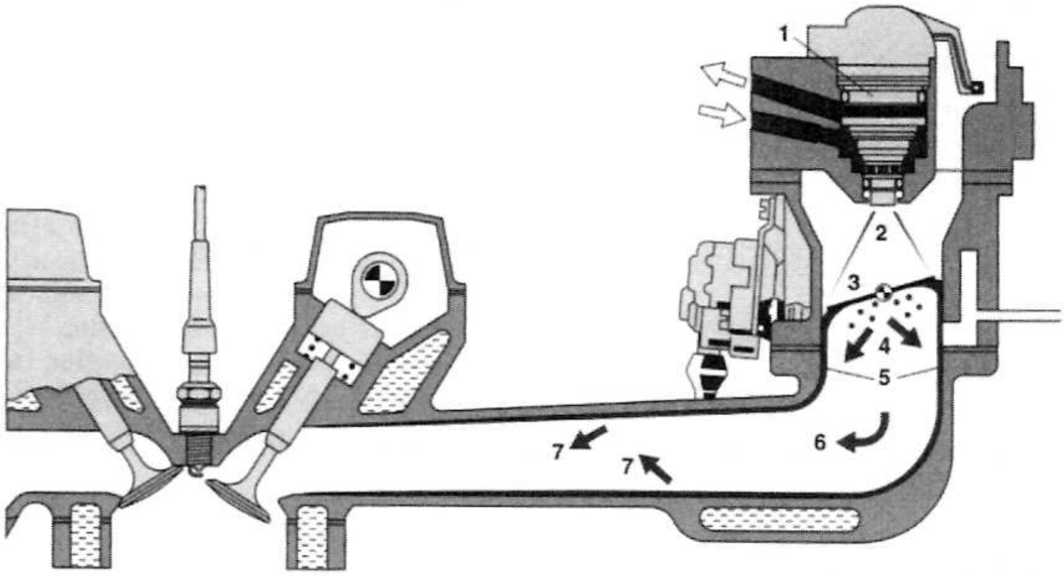
13.4.3. Działanie urządzenia sterującego, sygnały wyjściowe

Najważniejszym sygnałem wyjściowym jest impuls masowy do wtryskiwacza. Mierzony jest współczynnikiem trwania impulsu. Obliczony czas wtrysku wynika z otrzymanych sygnałów wejściowych i zaprogramowanych funkcji, jak: wzbogacanie mieszanki podczas rozruchu zimnego silnika, podczas zwiększania prędkości obrotowej po rozruchu, programu biegu jałowego, wzbogacania przy pełnym obciążeniu, odcinania paliwa podczas hamowania silnikiem, ograniczania prędkości obrotowej. Sterowanie przebiega podobnie jak w innych układach wtryskowych. Także korekcja składu mieszanki na podstawie temperatury powietrza jest w zasadzie taka sama - zależność tę pokazano na rysunku 13.48.



Rys. 13.48
Współczynnik wzbogacania mieszanki w funkcji temperatury zasysanego powietrza

Obok zwyczajowych parametrów, szczególnie w stanach pośrednich obciążenia silnika, programy w urządzeniu sterującym muszą uwzględniać dane o temperaturze zasysanego powietrza i temperaturze silnika. Na skutek centralnego wtrysku paliwa nad przepustnicę, podczas przyspieszania na ściankach kolektora dolotowego tworzy się film paliwa, który zanika po zamknięciu przepustnicy (rys. 13.49).



Rys. 13.49
Wytrącanie kropel paliwa w zimnym silniku
1 – wtryskiwacz, 2 – obliczona dawka paliwa, 3 – przepustnica, 4 – wytrącanie kropel paliwa, 5 – warstwa paliwa na ściankach kolektora (przesadnie przedstawiona), 6 – strumień par paliwa, 7 – odparowanie warstwy paliwa ze ścianek

Tworzenie się i zanikanie filmu paliwa jest zależne, oprócz temperatury, także od prędkości obrotowej silnika oraz od wartości i prędkości zmian kąta uchylenia przepustnicy.

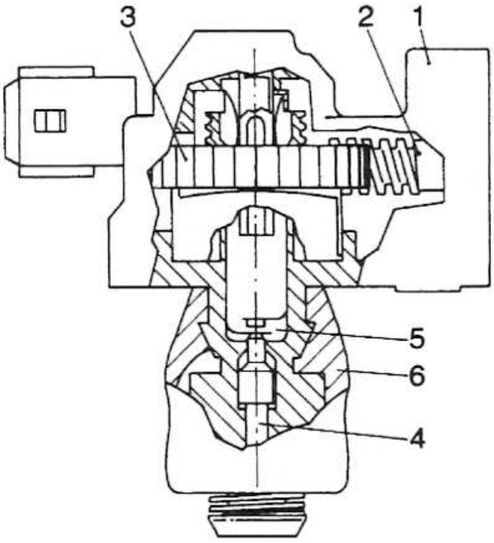
Zmiany obciążenia są rozpoznawane przez urządzenie sterujące na podstawie zmian rezystancji potencjometru przepustnicy i jest uruchamiany odpowiedni program w celu skompensowania skutków tworzenia się i zanikania filmu paliwa. Innym zadaniem specjalnym urządzenia sterującego jest kompensowanie zmian napięcia w odniesieniu do wtryskiwaczy i pompy paliwa. Przy niższym napięciu w instalacji elektrycznej samochodu i spowodowanej tym mniejszej wydajności pompy paliwa (niższa prędkość obrotowa silnika) jest dodatkowo przedłużany obliczony czas wtrysku, co ma wyrównać skutki niższego ciśnienia paliwa w układzie.

Konieczność uruchomienia programu kompensacyjnego (tzn. kiedy pompa o konstrukcji przepływowej nie pracuje prawidłowo) urządzenie sterujące rozpoznaje przez odpowiedni sygnał napięcia na stykach.

Urządzenie sterujące steruje elektryczną pompą paliwa (obwód bezpieczeństwa) za pośrednictwem przekaźnika sterującego.

Kiedy zamiast nastawnika termicznego zastosowano nastawnik przepustnicy (rys. 13.50), wtedy pełni on także funkcję regulatora biegu jałowego i jest sterowany przez urządzenie sterujące.

Sygnał z zestyku biegu jałowego (5) oraz informacja o prędkości obrotowej uruchamiają proces regulacji biegu jałowego. Silnik elektryczny (1) jest połączony dwoma przewodami z urządzeniem sterującym, które ustala kierunek przepływu prądu, a tym samym kierunek obrotów silnika. Regulator powoduje zmniejszenie prędkości obrotowej biegu jałowego. Prędkość obrotowa jest zwiększana tylko w razie konieczności (rozruch zimnego silnika, pracująca sprężarka klimatyzacji).



Rys. 13.50
Nastawnik przepustnicy
1 – obudowa z silnikiem elektrycznym
2 – ślimak
3 – ślimacznica
4 – wałek nastawczy
5 – zestyk biegu jałowego
6 – gumowa osłona ochronna

Nastawnik przepustnicy stwarza również możliwość niewielkiego uchylenia przepustnicy podczas holowania pojazdu i podczas aktywnego hamowania silnikiem, co umożliwia zmniejszenie podciśnienia w kolektorze dolotowym. Regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego umożliwia także kompensację skutków starzenia się elementów układu i ich mechanicznego zużycia. O ile regulacja ta odnosi się tylko do prędkości obrotowej biegu jałowego, o tyle regulacja lambda dotyczy wzbogacania lub zubożania mieszanki w całym zakresie pracy silnika (patrz następny podrozdz.).

Wartości adaptacyjne, podobnie jak kody usterek, zostają zachowane w pamięci urządzenia sterującego tylko przy nieprzerwanym zasilaniu go z dodatniego bieguna akumulatora. Nie można o tym zapominać w kontekście poszukiwania usterek i diagnozowania układu.

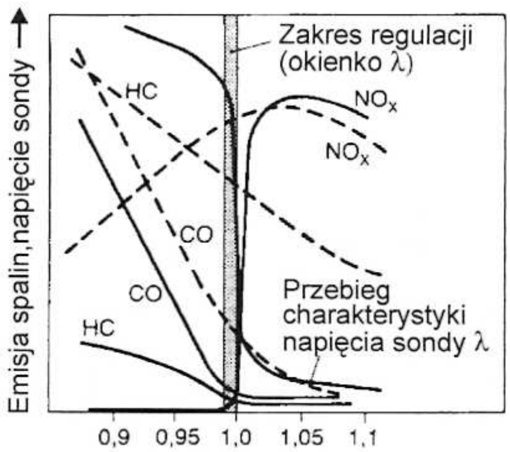
13.5. Regulacja lambda

Zaostrzenie przed laty przepisów ochrony środowiska spowodowało konieczność zastosowania trzyfunkcyjnych katalizatorów. Zneutralizowanie spalin i przebieg reakcji chemicznych w katalizatorze są możliwe wyłącznie wtedy, kiedy skład spalanej mieszanki zmienia się tylko w ściśle określonym zakresie (rys. 13.51), nazywanym niekiedy „okienkiem lambda".

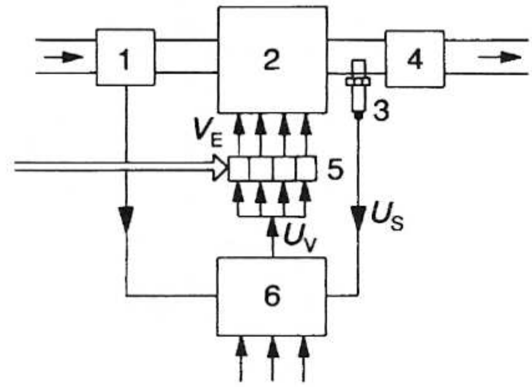
Utrzymanie składu mieszanki w granicach „okienka lambda" nie jest możliwe jedynie na drodze sterowania ilością wtryskiwanego paliwa. Nie są tam

uwzględnione zmiany w silniku, spowodowane zużyciem i tolerancją wykonania poszczególnych elementów. Okazało się niezbędne ustalenie faktycznego składu gazów wylotowych po spaleniu mieszanki i podjęcie, w zależności od wyników pomiaru, dodatkowej regulacji ilości podawanego paliwa, czyli składu mieszanki.

Skład spalin jest mierzony przez sondę lambda. Na podstawie sygnału z sondy urządzenie sterujące może odpowiednio zmienić ilość wtryskiwanego paliwa, a tym samym skład mieszanki. Ponieważ występuje tu zamknięty obwód regulacji, więc mówimy o regulowaniu, a nie sterowaniu (rys. 13.52).



Rys. 13.51
Zakres regulacji sondy lambda i zmniejszenie zawartości szkodliwych składników spalin



Rys. 13.52
Schemat blokowy regulacji lambda
1 – przepływomierz powietrza, 2 – silnik, 3 – sonda lambda, 4 – katalizator, 5 – wtryskiwacze,
U_S – napięcie sondy, U_V – napięcie sterujące wtryskiwaczy, V_E – ilość wtryskiwanego paliwa

Nazwa „sonda lambda" pochodzi od greckiej litery lambda (λ), która w technice jest używana do określenia stosunku rzeczywistej masy zassanego powietrza L_R do masy powietrza teoretycznie potrzebnego do całkowitego spalenia mieszanki L_T, czyli

$$\lambda = \frac{L_R}{L_T}$$

W rzeczywistości sonda lambda mierzy zawartość tlenu w spalinach.

Kiedy teoretyczne zapotrzebowanie powietrza pokrywa się z masą rzeczywiście zassanego powietrza ($\lambda = 1$), wtedy następuje całkowite spalenie paliwa z najmniejszą emisją szkodliwych składników. Kiedy ilość dostarczonego powietrza jest mniejsza ($\lambda < 1$), wtedy mieszanka jest bogata, natomiast przy większej ilości powietrza ($\lambda > 1$) mieszanka jest uboga. Przy określaniu współczynnika lambda mówi się niekiedy o ilości powietrza, chodzi jednak o masę powietrza.

Urządzenie sterujące oblicza czas wtrysku na podstawie zapisanej w jego pamięci charakterystyki współczynnika λ. Przy zbyt bogatej mieszance czas wtrysku jest zmniejszany (zubożanie), a przy zbyt ubogiej czas wtrysku jest wydłużany (wzbo-

gacanie). Proces regulacji trwa nieustannie tak, aby utrzymać odchyłkę od wartości $\lambda = 1$ nie większą niż ±1%. Istnieje jednak kilka wyjątków od tej zasady, zwanych **zakazami regulacji**, aby nie dopuścić do negatywnych skutków dla silnika. Są to: **rozruch i faza nagrzewania** silnika, **przyspieszanie**, a często także praca przy **pełnym obciążeniu**.

W razie uszkodzenia sondy lambda urządzenie sterujące przełącza się na własne sterowanie.

13.5.1. Adaptacja składu mieszanki

We współczesnych układach wtryskowych sygnał z sondy lambda jest wykorzystywany także w celu dopasowania (adaptacji) podstawowego sterowania wielkością dawki paliwa do indywidualnych potrzeb danego silnika.

Urządzenie sterujące rozpoznaje, że w określonym przedziale pracy zawsze jest konieczna regulacja składu mieszanki i uwzględnia ten fakt w następnych obliczeniach czasu wtrysku. Dzięki temu jest mniejsza absolutna wartość korekcji przez układ regulacji lambda. Wartości adaptacyjne są zapisywane w pamięci urządzenia sterującego.

W dopasowaniu (adaptacji) składu mieszanki rozróżnia się adaptację sumującą i iloczynową.

W adaptacji sumującej do obliczonej ilości wtryskiwanego paliwa jest dodawana stała wartość odchyłki. Ma to miejsce, kiedy np. na skutek przedmuchów powietrza przez nieszczelności układu mieszanka jest zbyt uboga. Ilość zasysanego powietrza jest wtedy taka sama, niezależnie od prędkości obrotowej i obciążenia silnika. Dlatego musi być nieustannie dodawana do obliczonej ilości paliwa określona wartość korekcji. Ma to miejsce szczególnie w zakresie małej prędkości obrotowej i niewielkiego obciążenia.

Adaptacja iloczynowa jest stosowana przy pojawieniu się błędów związanych z prędkością obrotową i obciążeniem. Wówczas obliczony podstawowy czas wtrysku jest mnożony przez wartość korekcji. Może tak być np. gdy występuje zbyt wysokie ciśnienie paliwa.

Adaptacja sumująca i iloczynowa może oznaczać zarówno dodatnią, jak też ujemną wartość korekcji. Zbyt wielkie wartości adaptacyjne mogą oznaczać mechaniczne zużycie albo inne zmiany w silniku. Wskazówka ta jest pomocna przy poszukiwaniu usterek.

W odniesieniu do adaptacji, tak jak przy regulacji lambda, obowiązują zaprogramowane wartości graniczne.

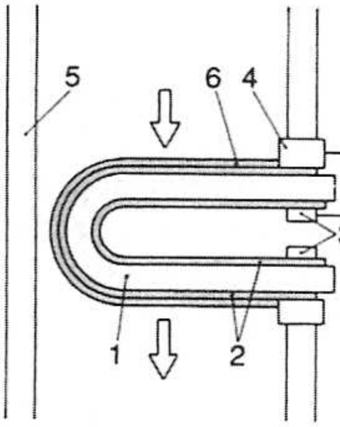
W razie braku sygnału z sondy lambda urządzenie sterujące uwzględnia wartości adaptacyjne podczas regulacji składu mieszanki. Wartości te są zapisane w pamięci „ulotnej". Oznacza to, że w razie przerwy w zasilaniu napięciem urządzenie sterujące traci dane adaptacyjne. Skutkiem tego może być nierówna praca silnika po jego ponownym uruchomieniu, dopóki na podstawie sygnałów z sondy lambda układ nie „nauczy" się nowych wartości adaptacyjnych.

13.5.2. Budowa i działanie sondy lambda

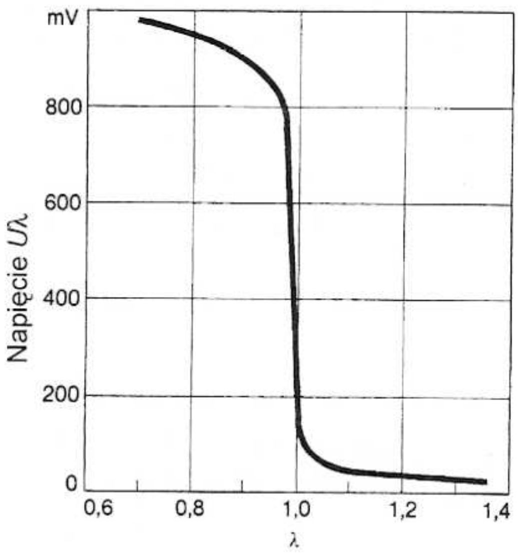
Sonda lambda składa się z ceramicznego elementu z dwutlenku cyrkonu (ZnO_2) pokrytego cienką, gazoprzepuszczalną warstwą platyny. Od strony strumienia spalin sonda jest dodatkowo pokryta porowatą, ceramiczną warstwą ochronną. Wkład sondy jest umieszczony w rurce ochronnej ze szczelinami, zabezpieczającej ją przed mechanicznymi uszkodzeniami (rys. 13.53).

Przy różnym stężeniu tlenu i w wysokiej temperaturze (powyżej 300°C) tlenek cyrkonu zachowuje się jak ogniwo galwaniczne i wytwarza napięcie.

Zmieszane spaliny ze wszystkich cylindrów opływają sondę lambda, umocowaną w rurze wylotowej. Różnica stężeń resztek tlenu w spalinach i tlenu z atmosfe-



Rys. 13.53
Schemat umiejscowienia sondy lambda w rurze wylotowej
1 – specjalna wkładka ceramiczna, 2 – elektrody, 3 – zestyk, 4 – połączenie obudowy z masą, 5 – rura wylotowa, 6 – ceramiczna, porowata warstwa ochronna



Rys. 13.54
Przebieg charakterystyki napięcia sondy lambda w temperaturze pracy 600°C

ry, znajdującego się we wnętrzu sondy, powoduje powstanie na elemencie ceramicznym potencjału elektrycznego. Sygnał napięcia jest doprowadzany ekranowanym przewodem do urządzenia sterującego.

Sonda jest tak zbudowana, że przy $\lambda = 1$ napięcie zmienia się skokowo (rys. 13.54). Przy $\lambda = 1$ wynosi ono ok. 450 mV, dla bogatej mieszanki ok. 800 mV i dla ubogiej mieszanki ok. 100 mV.

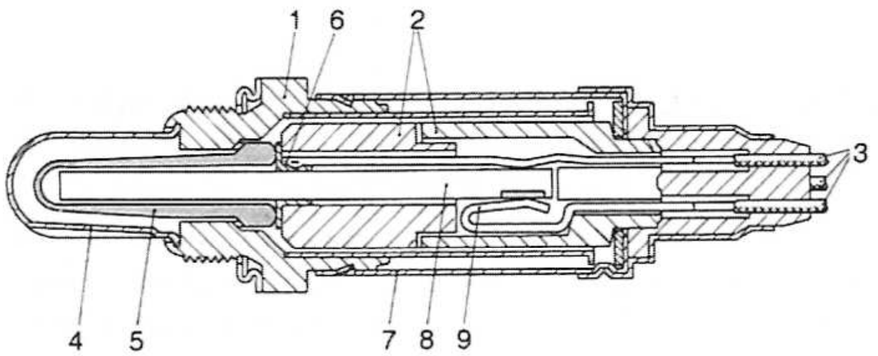
Ponieważ w normalnych warunkach skład mieszanki jest zbliżony do $\lambda = 1$, wartości napięcia mieszczą się w podanych granicach. Optymalna robocza temperatura pracy sondy lambda wynosi ok. 600°C.

Nie we wszystkich warunkach eksploatacyjnych temperatura taka może być utrzymana. Zależy ona również od miejsca zamocowania sondy. Dlatego też często używa się podgrzewanej sondy lambda (rys. 13.55). Dzięki ogrzewaniu sondy szybciej zostaje osiągnięta temperatura pracy (szybciej jest możliwa regulacja mieszanki) i łatwiej utrzymać jej stałą wartość (dokładniejszy pomiar i precyzyjniejsza regulacja). Ogrzewanie umożliwia umieszczenie sondy dalej od silnika, co chroni ją przed przegrzaniem.

Poprawność działania sondy lambda można sprawdzić za pomocą specjalnego urządzenia albo przez pomiar napięcia. Nieustannie zmieniające się napięcie przy pracującym silniku oznacza, że sonda działa. Należy przy tym pamiętać, że urządzenie sterujące cały czas utrzymuje napięcie stałe ok. 475 mV potrzebne w jego układzie przetwarzającym do dokładniejszej regulacji. Dlatego też podczas pomiaru należy sondę odłączyć od urządzenia sterującego (warunek konieczny: silnik, sonda lambda i katalizator muszą osiągnąć temperaturę pracy).

Sprawdzić ekranowanie przewodu doprowadzającego sygnał zwracając uwagę na ewentualne uszkodzenia i dobry styk z masą. Również sonda lambda do prawidłowego działania wymaga dobrego połączenia z masą za pomocą własnego przewodu albo przez rurę wylotową. Jest to szczególnie ważne w samochodach o dużych osiągach.

W podgrzewanych sondach lambda sprawdza się także jej uzwojenie ogrzewania mierząc rezystancję i natężenie prądu. Zasilanie elementu grzejnego jest włączane przeważnie za pomocą przekaźnika.



Rys. 13.55
Podgrzewana sonda lambda
1 – obudowa sondy, 2 – ceramiczna wkładka rurkowa, 3 – końcówki złącza elektrycznego, 4 – rurka ochronna ze szczelinami, 5 – aktywna ceramika specjalna, 6 – element ze stykami, 7 – osłona rurkowa, 8 – element grzejny, 9 – zaciski złącza elementu grzejnego

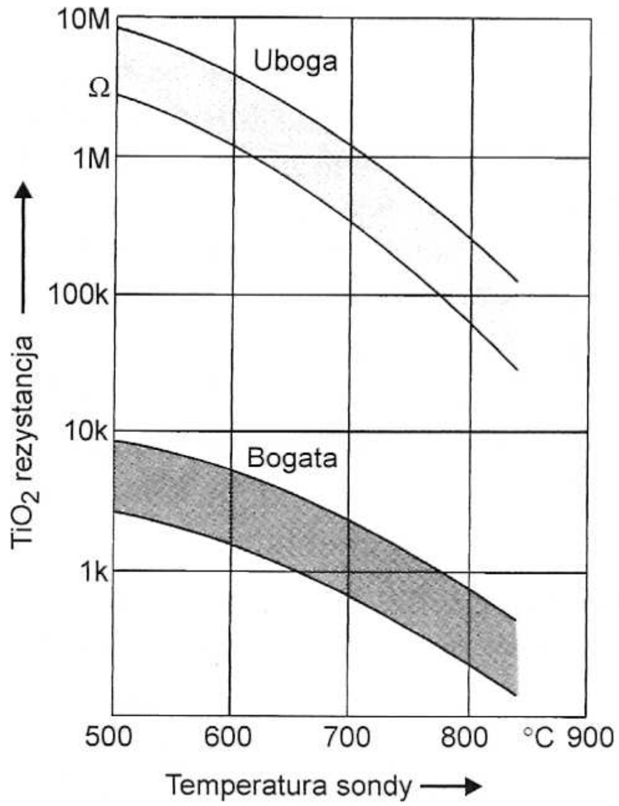
Należy także sprawdzić, czy powietrze atmosferyczne ma dostęp do sondy lambda. Jej otwory do „oddychania" nie mogą być zatkane, albo zaklejone środkiem do konserwacji podwozia. Do wnętrza sondy nie powinna dostawać się woda.

Specjalny element ceramiczny nie może być pokryty osadami. Powstają one na skutek użycia paliwa zawierającego ołów (chyba, że sonda jest do tego dostosowana), nadmiernego zużycia oleju przez silnik, wycieku cieczy chłodzącej itp.

13.5.3. Sonda lambda z wkładem z dwutlenku tytanu

Działanie i budowa takiej sondy są w zasadzie takie same jak sondy z wkładem z dwutlenku cyrkonu. Różnica polega na tym, że użyty tu specjalny wkład ceramiczny z dwutlenku tytanu nie reaguje jak ogniwo galwaniczne, wytwarzające napięcie, lecz skokowo zmienia swoją rezystancję (rys. 13.56).

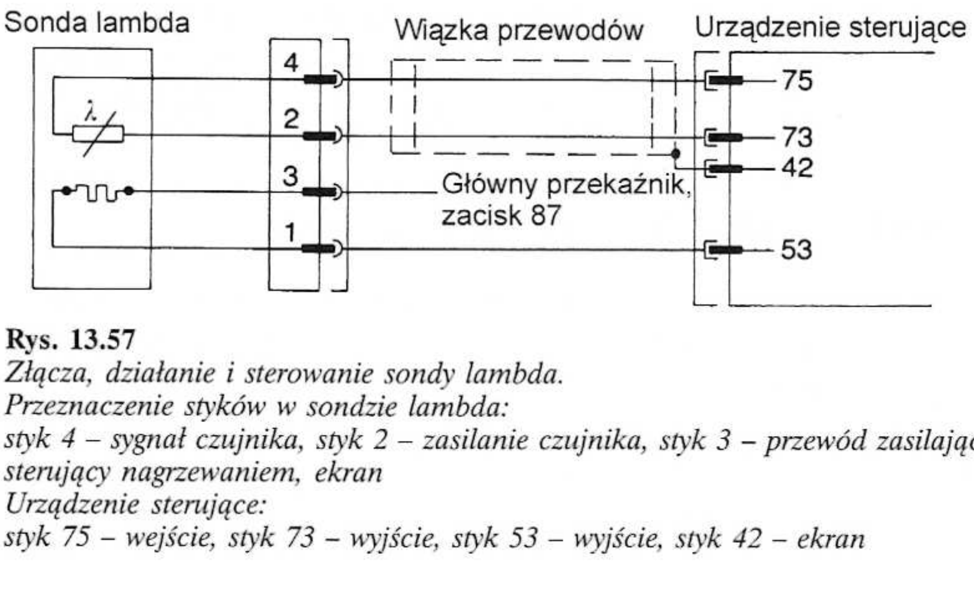
Urządzenie sterujące wysyła sygnał napięcia i na podstawie spadku napięcia w sondzie rozpoznaje skład spalin. Ponadto wartość spadku napięcia umożliwia



Rys. 13.56
Rezystancja sondy lambda TiO_2

urządzeniu sterującemu ustalenie temperatury sondy i odpowiednie regulowanie jej elementu grzejnego odpowiednimi impulsami prądu (rys. 13.57).

Sonda może być sprawdzona przez pomiar rezystancji. Ewentualne błędne działanie sondy można także odczytać z pamięci diagnostycznej urządzenia sterującego układu wtryskowego albo (podobnie jak w sondzie z dwutlenkiem cyrkonu) poprzez łącze (interfejs) diagnostyczne testera. Ponadto należy przestrzegać opisanych wyżej zasad (używać benzyny bezołowiowej, chronić przed kontaktem z wodą, itd.)



Rys. 13.57
Złącza, działanie i sterowanie sondy lambda.
Przeznaczenie styków w sondzie lambda:
styk 4 – sygnał czujnika, styk 2 – zasilanie czujnika, styk 3 – przewód zasilający, styk 1 – przewód sterujący nagrzewaniem, ekran
Urządzenie sterujące:
styk 75 – wejście, styk 73 – wyjście, styk 53 – wyjście, styk 42 – ekran

13.6. Regulowane elektronicznie układy wtryskowe w silnikach wysokoprężnych

13.6.1. Wiadomości ogólne, przegląd układu

Elektroniczna regulacja dawki wtryskiwanego paliwa i chwili rozpoczęcia wtrysku przynosi pozytywne efekty w zakresie zużycia paliwa, pracy silnika i czystości spalin także w silnikach wysokoprężnych.

Urządzenie sterujące otrzymuje informacje o warunkach i parametrach pracy silnika, przetwarza je i za pomocą sygnałów wyjściowych, ustawia dawkę paliwa i początek wtrysku w pompie wtryskowej. W razie potrzeby jest uruchamiany proces korekcji i dostosowania. W ten sposób we wszystkich warunkach pracy silnika mogą być precyzyjnie dobrane dawka paliwa i początek wtrysku, bez zwracania uwagi na sztywne charakterystyki mechanicznych regulatorów.

W regulowanych elektronicznie pompach wtryskowych silników wysokoprężnych nie są już potrzebne mechaniczne regulatory odśrodkowe, zależne od ciśnienia doładowania ograniczniki pełnego obciążenia, zależne od temperatury ograniczniki dawki rozruchowej oraz przyspieszanie rozruchu zimnego silnika. Te i dalsze funkcje, jak np. regulacja równomierności prędkości obrotowej i aktywne tłumienie szarpania przejęte zostały przez urządzenie sterujące. Zestawienie sygnałów wejściowych i wyjściowych urządzenia sterującego pokazano za rysunku 13.58.

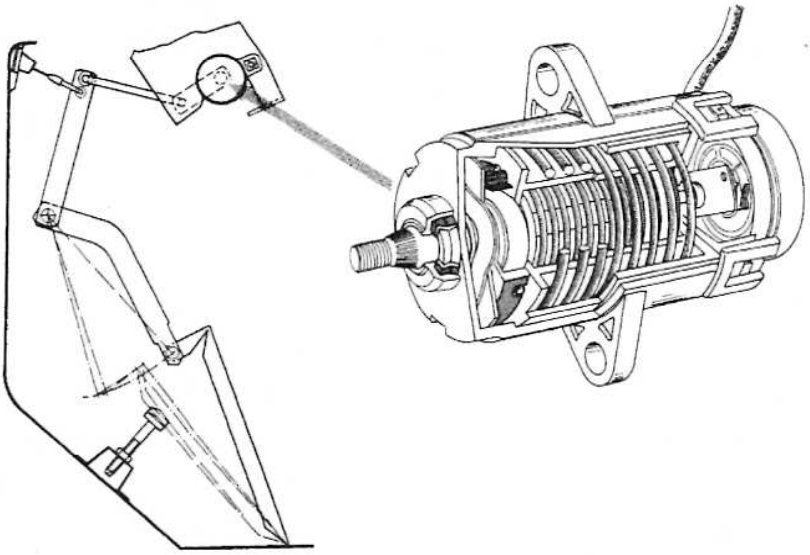
Sygnały wejściowe	Przetwarzanie	Sygnały wyjściowe
Czujnik położenia pedału (pedał przyśpieszenia) Czujnik prędkości obrotowej Czujnik początku wtrysku Czujnik ciśnienia powietrza (ciśnienia doładowania/atmosferycznego) Czujnik temperatury cieczy chłodzącej Czujnik temperatury powietrza Czujnik temperatury paliwa Czujnik położenia pierścienia przelewowego albo listwy regulacyjnej Prędkość Sonda zawartości wody Układ klimatyzacji Urządzenie alarmowe Wyłącznik hamulców Wyłącznik sprzęgła Regulator prędkości jazdy (dźwignia sterująca) Zasilanie napięciem, zaciski 15 i 30 Masa	URZĄDZENIE STERUJĄCE ↑ ↓ Diagnoza	Nastawnik ilości w pompie wtryskowej Przestawianie początku wtrysku Elektromagnetyczny zawór odcinający Zawór recyrkulacji spalin Zawór regulacji ciśnienia doładowania Sterowanie czasem pracy świec żarowych Sygnał td Sygnał wskaźnika zużycia paliwa Wyłączanie sprężarki układu klimatyzacji

Rys. 13.58
Schemat funkcjonalny układu wtryskowego silników wysokoprężnych

13.6.2. Sygnały wejściowe i ich wpływ na działanie układu

Czujnik położenia pedału przyspieszenia (rys. 13.59) przekazuje do urządzenia sterującego informacje o położeniu tego pedału. Nie ma mechanicznego połączenia pedału przyspieszenia (gazu) z pompą wtryskową.

Czujnik położenia pedału jest obrotowym potencjometrem ślizgowym, który podczas poruszania pedałem zmienia rezystancję. Na podstawie wywołanego w ten sposób spadku napięcia urządzenie sterujące rozpoznaje położenie pedału.



Rys. 13.59
Pedał przyspieszenia z czujnikiem położenia pedału

W czujniku położenia pedału znajdują się dwie sprężyny powrotne. Po ewentualnej wymianie pedału należy dokładnie zachować ustawienia podane przez producenta. Czujnik można sprawdzić mierząc jego rezystancję, jednak znacznie dokładniejszy jest pomiar spadku napięcia.

Przy braku sygnału z czujnika położenia pedału pompa wtryskowa zostaje wysterowana na utrzymanie prędkości obrotowej silnika 1200–1500 obr/min. Umożliwia to realizację trybu pracy awaryjnej.

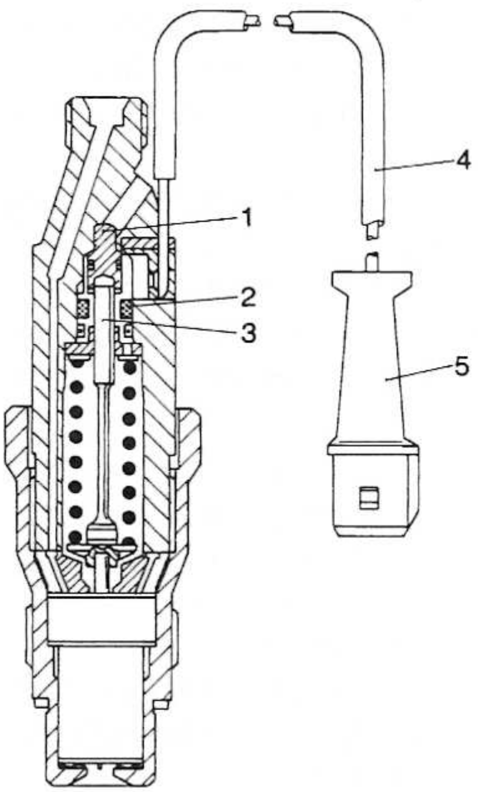
Prędkość obrotowa silnika jest mierzona czujnikiem indukcyjnym. Jego sygnał i informacja o położeniu pedału przyspieszenia są podstawowymi danymi dla urządzenia sterującego do obliczenia podstawowej dawki wtryskiwanego paliwa. W celu precyzyjnego obliczenia dawki brane są pod uwagę sygnały czujników temperatury (cieczy chłodzącej, zasysanego powietrza, paliwa) i czujnika ciśnienia powietrza.

Sygnał o prędkości obrotowej jest potrzebny także do ograniczenia prędkości obrotowej i regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego. Na podstawie wartości tego sygnału urządzenie sterujące może również rozpoznać nierównomierny bieg i szarpanie silnika oraz je stłumić, zmieniając dawkę paliwa odpowiednio do okresu wahań prędkości (szarpania).

Sygnał prędkości obrotowej można sprawdzić przez pomiar napięcia albo obejrzeć na oscyloskopie. W razie braku sygnału z czujnika prędkości obrotowej urządzenie sterujące może używać sygnału czujnika początku wtrysku do ustalenia prędkości obrotowej (tryb awaryjny).

Czujnik początku wtrysku albo **czujnik wzniosu igły rozpylacza** (rys. 13.60) w chwili rozpoczęcia wtrysku wysyła sygnał do urządzenia sterującego, które porównuje go z zapisaną w pamięci charakterystyką, zależną od ilości paliwa, prędkości obrotowej, temperatury cieczy chłodzącej i ciśnienia powietrza. W razie potrzeby reguluje początek wtrysku w pompie wtryskowej tak, aby pokrywał się z wartościami zapisanymi w pamięci urządzenia sterującego.

W razie braku sygnału z czujnika początku wtrysku nie może być podjęta regulacja wtrysku. Prowadzi to do spadku momentu obrotowego i do ewentualnych nieprawidłowości w spalaniu paliwa. Sygnał czujnika wzniosu igły rozpylacza jest sprawdzany na podstawie współczynnika trwania impulsu.



Rys. 13.60
Obsada wtryskiwacza z czujnikiem wzniosu igły rozpylacza (NBF)
1 – trzpień nastawny, 2 – cewka czujnika, 3 – popychacz, 4 – przewód, 5 – wtyk

Sygnał z **czujnika ciśnienia powietrza** służy do uściślenia obliczenia ilości wtryskiwanego paliwa i początku wtrysku.

Czujnik ciśnienia powietrza w silnikach turbodoładowanych spełnia rolę czujnika doładowania i umożliwia urządzeniu sterującemu dodatkową regulację ciśnienia doładowania poprzez sterowanie zaworem regulacji ciśnienia doładowania. W przypadku braku sygnału z czujnika ciśnienia doładowania nie jest możliwe regulowanie ciśnienia doładowania. Powoduje to zmniejszenie momentu obrotowego. Także w silnikach wolnossących brak sygnału ciśnienia powietrza (atmosferycznego) powoduje niewielkie zmniejszenie momentu obrotowego, ponieważ jest wtedy używana wartość zastępcza, która odpowiada niższemu ciśnieniu powietrza. W ten sposób zarówno w silnikach wolnossących, jak i doładowanych unika się efektu emitowania „czarnego dymu" z rury wylotowej.

Czujnik ciśnienia powietrza (barometr z potencjometrem) można sprawdzić przez pomiar rezystancji.

Temperatury cieczy chłodzącej, powietrza i paliwa są mierzone za pomocą czujników temperatury NTC. Dane te służą do precyzyjnego ustawiania dawki paliwa i początku wtrysku. Wszystkie te czujniki sprawdza się przez pomiar rezystancji. W razie braku jednego z tych sygnałów do obliczeń są pobierane wartości zastępcze, lecz efektem jest gorsza czułość układu i zmniejszenie momentu obrotowego. Brak informacji o temperaturze cieczy chłodzącej prowadzi ponadto do zwiększenia prędkości obrotowej biegu jałowego, ewentualnego „dymienia" podczas rozruchu silnika i do wyłączenia sterowania zaworem recyrkulacji spalin. Funkcja recyrkulacji spalin nie działa także przy braku albo nie skorygowanym sygnale czujnika temperatury powietrza.

Czujnik położenia pierścienia przelewowego (rozdzielaczowa pompa wtryskowa) albo **czujnik przesunięcia listwy regulacyjnej** (rzędowa pompa wtryskowa) przekazuje do urządzenia sterującego informacje o nastawionej dawce paliwa w postaci sygnału spadku napięcia na potencjometrze albo za pomocą indukcyjnego czujnika drogi regulacji (przesunięcia).

W ten sposób urządzenie sterujące reguluje nastawnik dawki paliwa pompy wtryskowej tak długo, aż nastawiona dawka paliwa zrówna się z dawką obliczoną. Bez sygnału położenia i sygnału przesunięcia, a więc bez informacji zwrotnej nastawnik dawki nie ma zasilania elektrycznego (zerowe zasilanie paliwem) i silnik pozostaje nieruchomy. Nie ma dla tych sygnałów wartości zastępczych ani trybu pracy awaryjnej.

Sprawdzanie czujnika przesunięcia listwy regulacyjnej i czujnika położenia pierścienia przelewowego przez pomiar rezystancji jest bezcelowe, gdyż bez sterowania nastawnika ilościowego nie mogą być sprawdzone różne położenia pierścienia przelewowego albo przesunięcia listwy regulacyjnej. Diagnozowanie jest możliwe tylko na podstawie odczytu zawartości pamięci diagnostycznej.

Na podstawie **sygnału prędkości pojazdu** urządzenie sterujące zwiększa prędkość obrotową biegu jałowego. Dzięki temu unika się silnego szarpania przy niewielkich prędkościach jazdy i przy małej prędkości obrotowej.

Jeżeli urządzenie sterujące ma funkcję regulacji prędkości jazdy (porównaj rozdział 18), wówczas także w tym celu jest wykorzystywany sygnał prędkości jazdy.

Sygnał prędkości jazdy można sprawdzić za pomocą współczynnika trwania impulsu (jeżeli jest to sygnał o prostokątnej charakterystyce) albo pomiaru napięcia przemiennego.

Pomiar częstotliwości jest możliwy zarówno przy sygnale prostokątnym, jak też przy napięciu przemiennym.

Czujnik poziomu wody w filtrze paliwa zaczyna przewodzić prąd od pewnego poziomu wody. Dzięki temu urządzenie sterujące uruchamia lampkę ostrzegawczą w zestawie wskaźników. Na ogół sygnał ostrzeżenia nie przechodzi przez urządzenie sterujące, lecz bezpośrednio.

Po **sygnale napięcia z układu klimatyzacji,** sygnalizującym jej włączenie przez kierowcę, zostaje podwyższona prędkość obrotowa biegu jałowego. Ponadto jest możliwe wyłączanie sprężarki klimatyzacji przez urządzenie sterujące (patrz rozdział 18).

Sygnał napięcia z aktywnego **urządzenia alarmowego (immobilizera)** uniemożliwia wtrysk paliwa, a tym samym rozruch silnika (elektroniczna blokada uruchomienia silnika).

Sygnał **z wyłącznika świateł hamowania** (plus) albo **wyłącznika testu hamulców** (masa) przerywa przy dużej prędkości obrotowej wtrysk paliwa (obwód bezpieczeństwa). Jeżeli urządzenie sterujące jest wyposażone w funkcję regulacji prędkości jazdy, po naciśnięciu pedału hamulca zestyk w obwodzie hamowania odłącza regulację prędkości jazdy. Tak samo dzieje się po naciśnięciu pedału sprzęgła.

Ustalanie, wyłączanie i ponowne przywoływanie wartości prędkości w układzie regulacji prędkości jazdy dokonuje się na podstawie sygnału wejściowego z dźwigni sterującej regulatora prędkości jazdy (porównaj rozdział 18).

Opisując sygnały wejściowe należy pamiętać o **zasilaniu napięciem** urządzenia sterującego przez zaciski 15 i 30. Niezbędny jest też dobry styk z masą.

13.6.3. Sterowanie różnymi pompami wtryskowymi i pozostałe sygnały wyjściowe

Sterowanie pompy wtryskowej, a szczególnie nastawnika dawki paliwa i przestawiacza początku wtrysku są najważniejszymi zadaniami urządzenia sterującego, ponieważ w ten sposób mogą być zmienione wszystkie parametry pracy i osiągi silnika, jak np. prędkość obrotowa biegu jałowego, moment obrotowy oraz zapewniona równomierność pracy.

Rozróżnia się dwa podstawowe rodzaje pomp wtryskowych:

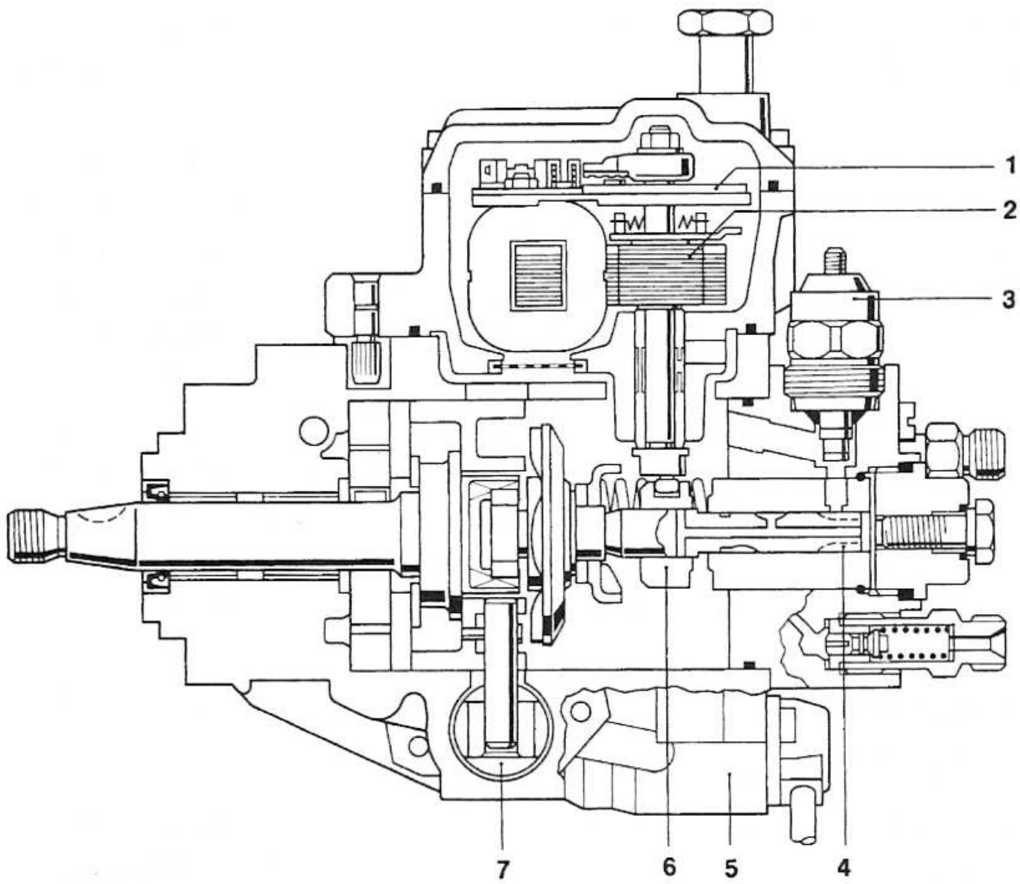
- rozdzielaczowe pompy wtryskowe (rys. 13.61) stosowane głównie w samochodach osobowych,
- rzędowe pompy wtryskowe (rys. 13.62) stosowane zwykle w pojazdach użytkowych.

Opisane zostaną tylko elektryczne i elektroniczne funkcje pomp wtryskowych.

W rozdzielaczowych pompach wtryskowych urządzenie sterujące zasila prądem sterującym elektromagnetyczny obrotowy nastawnik wtryskiwanej dawki paliwa (2). Powstały ruch obrotowy jest przenoszony przez mimośrodową krzywkę na pierścień przelewowy (6), który określa wydatek tłoczenia pompy wtryskowej, a tym samym ilość paliwa. Wydatek może być ustawiony w przedziale od zera do wartości maksymalnej. Kąt obrotu elektromagnesu, pokonującego opór sprężyny, jest zależny od modulowanego impulsowo prądu sterującego, wysyłanego z urządzenia sterującego. Bez zasilania elektrycznego sprężyna dociskowa ustawia elektromagnes, a tym samym pierścień przelewowy, w położeniu zerowego wydatku.

Za pomocą czujnika położenia pierścienia przelewowego (1) urządzenie sterujące na bieżąco nadzoruje położenie pierścienia przelewowego i uruchamia proces regulacji, jeżeli pojawiają się różnice pomiędzy zadaną i rzeczywistą wartością położenia pierścienia.

Płynący z urządzenia sterującego prąd sterujący dawką paliwa jest sprawdzany za pomocą współczynnika trwania impulsu.



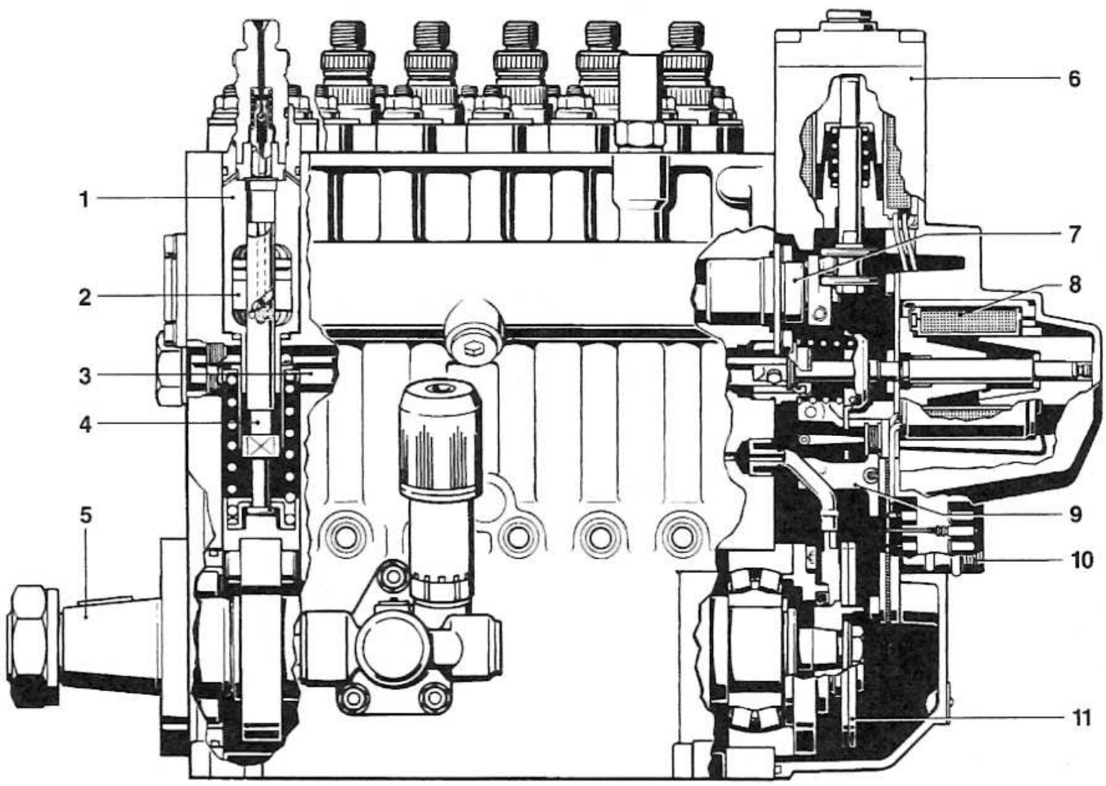
Rys. 13.61
Rozdzielaczowa pompa wtryskowa z elektronicznym regulatorem
1 – czujnik przesunięcia pierścienia przelewowego, 2 – nastawnik dawki paliwa, 3 – elektromagnetyczny zawór odcinający, 4 – tłok, 5 – zawór elektromagnetyczny przestawiacza kąta wtrysku, 6 – pierścień przelewowy, 7 – przestawiacz wtrysku

W pompach rozdzielaczowych **początek wtrysku** jest przestawiany przez pozostający pod ciśnieniem paliwa tłok przestawiacza wtrysku (7), który obraca pierścień krzywkowy promieniowej pompy wysokiego ciśnienia. Modulacją ciśnienia steruje zawór elektromagnetyczny (5) przestawiacza wtrysku. Różnice między zadanymi i rzeczywistymi wartościami początku wtrysku urządzenie sterujące rozpoznaje na podstawie sygnałów czujnika wzniosu igły rozpylacza. Różnice te są niwelowane dzięki zmianie taktowania zaworu elektromagnetycznego. Taktowanie może być skontrolowane za pomocą współczynnika trwania impulsu.

Ze względów bezpieczeństwa na pompie wtryskowej jest także zabudowany elektromagnetyczny zawór odcinający (3). Bez zasilania elektrycznego zawór jest zamknięty i odcina dopływ paliwa. Sygnał prądowy z urządzenia sterującego powoduje otwarcie zaworu. Zasilanie można sprawdzić przez pomiar napięcia. Przerwanie zasilania spowoduje zatrzymanie silnika.

Regulacja dawki paliwa i początku wtrysku w rzędowych pompach wtryskowych jest przeprowadzana bardzo podobnie (rys. 13.62).

Dawka paliwa jest zmieniana za pomocą listwy regulacyjnej (3), która przestawia tłok pompy (4). Listwa regulacyjna jest poruszana nastawnikiem elektromagnetycznym. Prąd wzbudzenia elektromagnesu płynie z urządzenia sterującego. Urządzenie sterujące rozpoznaje rzeczywiste położenie listwy regulacyjnej na pod-



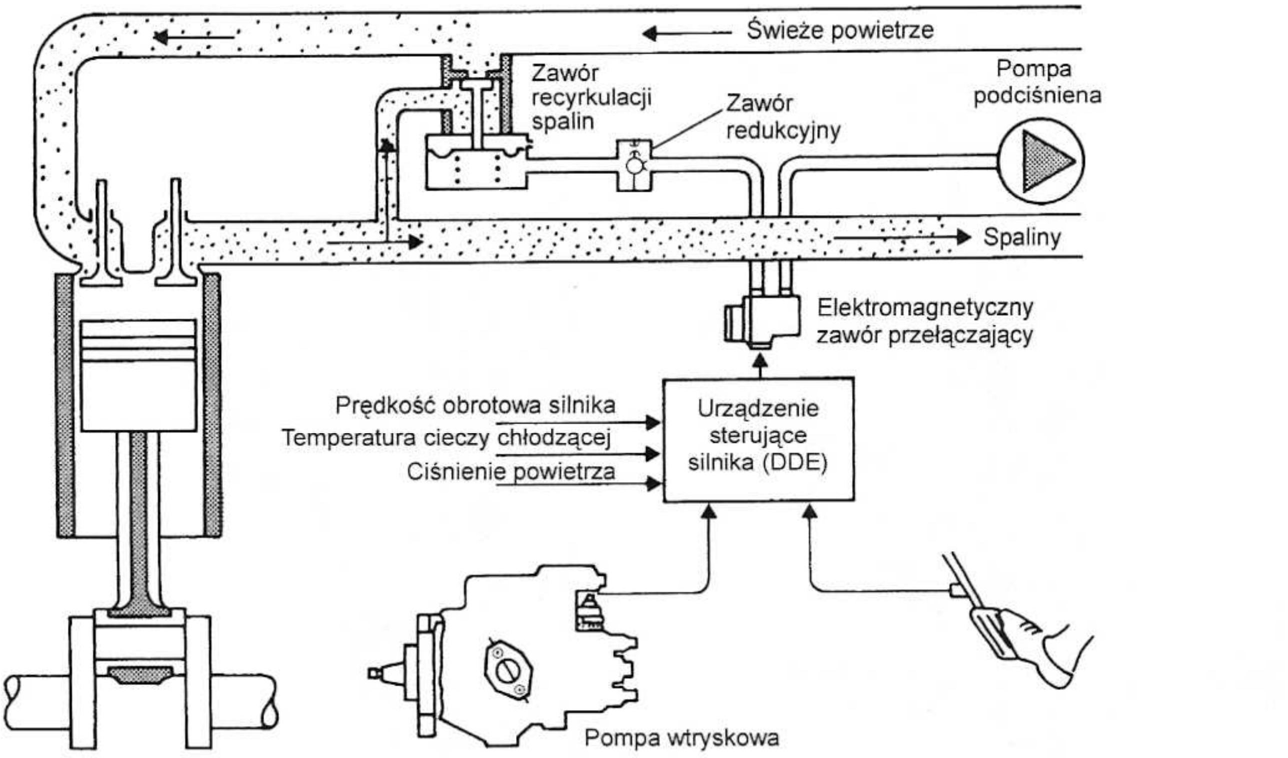
Rys. 13.62
Rzędowa pompa wtryskowa
1 – cylinder pompy, 2 – suwak, 3 – listwa regulacyjna, 4 – tłok pompy, 5 – wałek krzywkowy, 6 – nastawnik elektromagnetyczny początku tłoczenia, 7 – wałek ustawczy suwaka, 8 – nastawnik elektromagnetyczny drogi regulacji, 9 – indukcyjny czujnik przesunięcia listwy regulacyjnej, 10 – wtyk, 11 – indukcyjny czujnik prędkości obrotowej

stawie sygnałów z czujnika przesunięcia listwy (9). Różnice pomiędzy wartościami zadanymi i rzeczywistymi przemieszczeń listwy regulacyjnej są niwelowane przez zmianę prądu wzbudzenia elektromagnesu, który można sprawdzić za pomocą woltomierza. Kiedy przez nastawnik elektromagnetyczny nie płynie prąd, wtedy sprężyna dociskowa ustawia listwę regulacyjną w położeniu zerowego wydatku pompy.

Początek wtrysku jest zmieniany przez nastawnik elektromagnetyczny początku tłoczenia (6) za pomocą wałka nastawczego (7) i suwaka (2). Urządzenie sterujące reguluje prąd wzbudzenia elektromagnetycznego nastawnika początku tłoczenia. Czujnik wzniosu igły rozpylacza wysyła informację zwrotną o rzeczywistym początku wtrysku.

Prąd wzbudzenia może być sprawdzony woltomierzem. Brak sygnału prądowego oznacza maksymalnie opóźniony początek wtrysku, co prowadzi do spadku wartości momentu obrotowego.

Obniżenie temperatury spalania dzięki zastosowaniu **obwodu recyrkulacji spalin** (rys. 13.63) umożliwia zmniejszenie udziału tlenków azotu w spalinach. Osiąga się to odprowadzając część spalin z powrotem do przewodu dolotowego silnika. Zawór recyrkulacji spalin jest otwierany podciśnieniem, wytworzonym przez pompę podciśnienia. Może to nastąpić po otwarciu zaworu elektromagnetycznego sygnałem masy z urządzenia sterującego. Przy braku sygnału z urządzenia sterujące-



Rys. 13.63
Recyrkulacja spalin

go zawór recyrkulacji spalin znajduje się w położeniu zamkniętym. W procesie recyrkulacji spalin są brane pod uwagę: prędkość obrotowa silnika, temperatura cieczy chłodzącej, informacje z czujnika położenia pedału przyspieszenia, ciśnienie powietrza i dawka paliwa.

Zawór regulacyjny ciśnienia doładowania przez pneumatycznie poruszaną przesłonę reguluje strumień spalin napędzający turbosprężarkę (rys. 13.64).

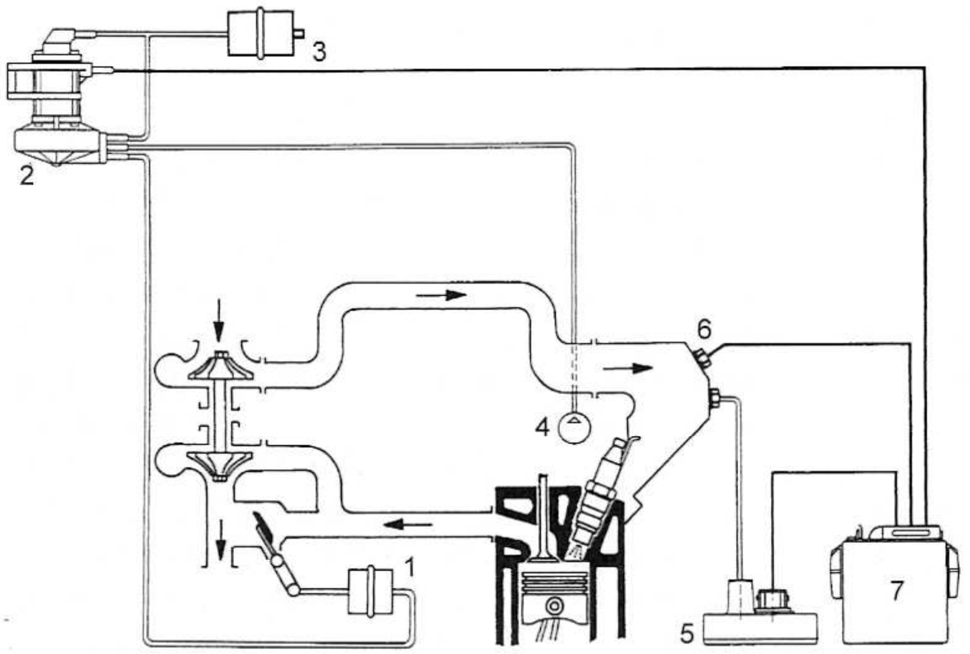
Przesłona wychyla się pod wpływem podciśnienia wytwarzanego w pompie podciśnienia.

Zawór ciśnienia doładowania (2) – w tym przypadku elektropneumatyczny zawór ciśnienia – moduluje odpowiednio podciśnienie tak, aby ustawić właściwe ciśnienie doładowania. Sterowaniem zaworu regulacyjnego ciśnienia doładowania realizuje urządzenie sterujące na podstawie informacji z czujnika ciśnienia doładowania i czujnika temperatury powietrza. Bez przepływu prądu zawór jest zamknięty a przesłona kanału obejściowego całkowicie otwarta, co powoduje duży spadek momentu obrotowego.

Sterowanie zaworu regulacyjnego ciśnienia doładowania i zaworu elektromagnetycznego obwodu recyrkulacji spalin można sprawdzić przez pomiar napięcia.

Urządzenie sterujące przejmuje także **sterowanie czasem żarzenia świec żarowych** (rys. 13.65). Wysyła ono sygnał masy do przekaźnika świec żarowych, który doprowadza prąd roboczy instalacji elektrycznej do świec.

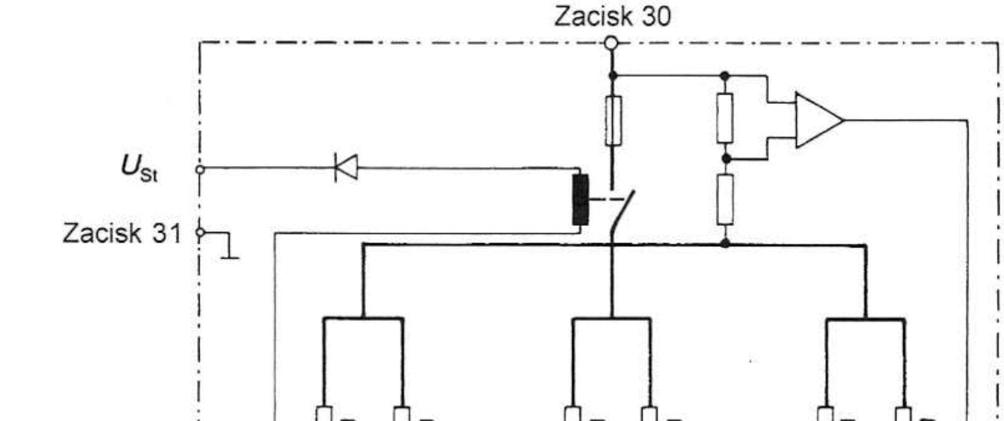
Prawidłowość działania świec żarowych jest nadzorowana przez złącze diagnostyczne.



Rys. 13.64
Regulator ciśnienia doładowania
1 – nastawnik przesłony (by-pass), 2 – elektropneumatyczny konwertor ciśnienia, 3 – filtr powietrza dla konwertora, 4 – pompa podciśnienia, 5 – czujnik ciśnienia doładowania, 6 – czujnik temperatury powietrza doładowania, 7 – urządzenie sterujące

Urządzenie sterujące udostępnia pozostałym urządzeniom sterującym albo innym odbiornikom (np. obrotomierz) **sygnał td** o prostokątnej charakterystyce (pomiar za pomocą współczynnika trwania impulsu).

Dotyczy to także **sygnału zużycia paliwa**, który może być przekazywany do wskaźnika zużycia paliwa, komputera pokładowego itd.



Rys. 13.65
Schemat sterowania czasem żarzenia

13.6.4. Wtrysk bezpośredni w silnikach wysokoprężnych

W ostatnich latach bezpośredni wtrysk paliwa przyjął się także w silnikach wysokoprężnych samochodów osobowych. Od niedawna już prawie wszyscy producenci pojazdów stosują te silniki, aby jeszcze bardziej zmniejszyć zużycie paliwa przez samochody, zwiększając jednocześnie ich osiągi. W celu poprawy specyficznych cech silników wysokoprężnych, takich jak wyższy poziom hałasu i nierównomierność pracy (szarpanie) polepsza się sterowanie dawki paliwa, początku wtrysku, równomierność napełnienia cylindrów oraz podnosi się ciśnienie wtrysku. Cele te realizuje się m.in. dzięki zastosowaniu nowych konstrukcji pomp wtryskowych, zarówno rzędowych, jak i rozdzielaczowych oraz nowych układów, które zostaną dalej opisane. Wymagania co do informacji o warunkach pracy silnika (sygnały wejściowe), ich przetwarzania w urządzeniu sterującym, sterowania różnymi pompami wtryskowymi, a także wobec pozostałych sygnałów wyjściowych w zasadzie są takie same. Zostaną opisane tylko przypadki odbiegające od już poznanych.

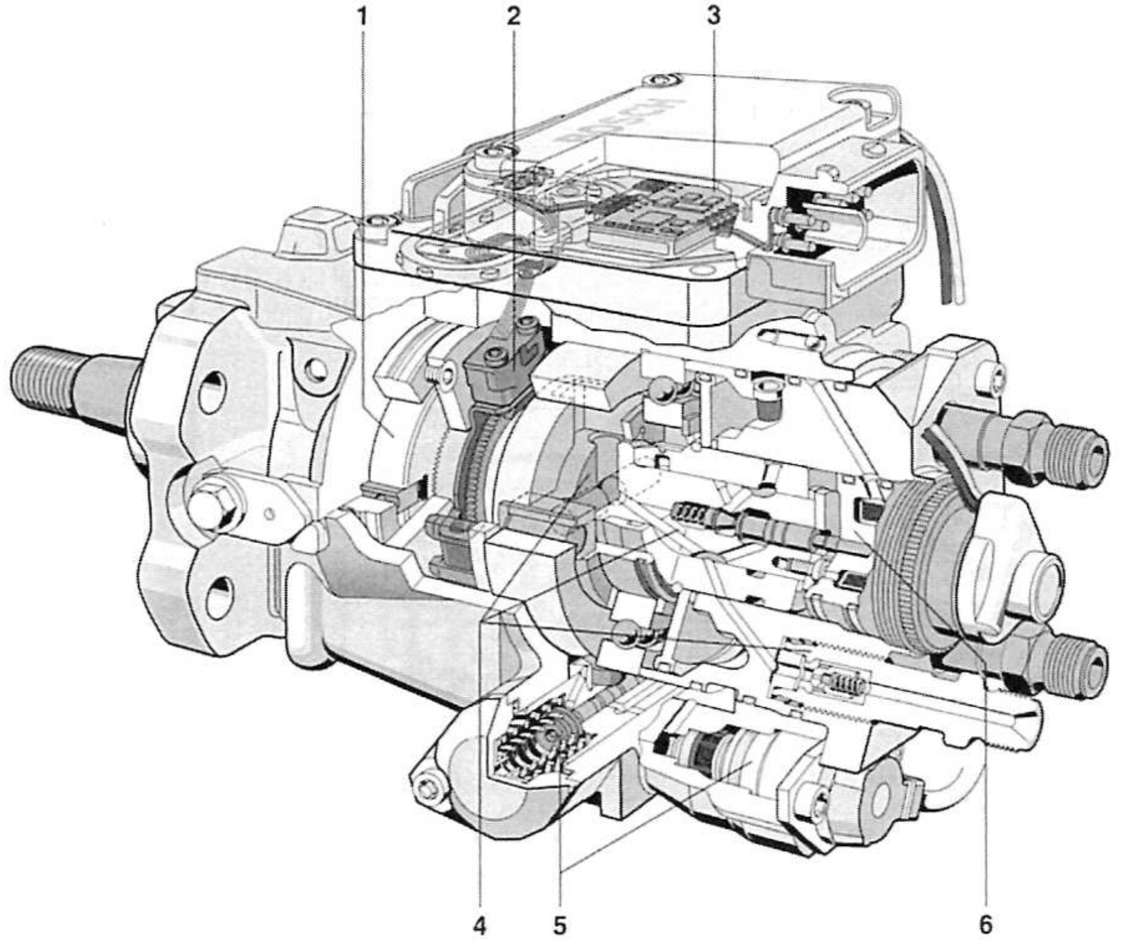
13.6.4.1. Promieniowe rozdzielaczowe pompy wtryskowe

Promieniowa rozdzielaczowa pompa wtryskowa (rys. 13.66) składa się z łopatkowo-komorowej pompy z zaworem regulacyjnym ciśnienia i przelewowym zaworem dławiącym. Jej zadaniem jest zasysanie paliwa, wytworzenie ciśnienia wewnątrz akumulatora hydraulicznego (ok. 2,0 MPa) oraz zasilenie paliwem tłoczkowej pompy promieniowej wysokiego ciśnienia, która wytwarza wysokie ciśnienie niezbędne do wtrysku paliwa (do ok. 160 MPa).

Wraz z pompą wysokiego ciśnienia obraca się wałek rozdzielacza doprowadzający paliwo do poszczególnych cylindrów. Zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia odpowiada za dawkę paliwa i jest sterowany sygnałami o zmiennej częstotliwości impulsów przez umieszczony na pompie sterownik. Otwieranie i zamykanie zaworu określa czas tłoczenia paliwa przez pompę wysokiego ciśnienia. Na podstawie sygnałów czujnika kąta obrotu jest ustalane chwilowe wzajemne położenie kątowe wałka napędowego i pierścienia krzywkowego podczas obrotu, obliczana prędkość obrotowa pompy wtryskowej oraz (poprzez porównanie z sygnałami czujnika wału korbowego) rozpoznawana pozycja ustawienia przestawiacza wtrysku. Czujnik kąta obrotu jest umieszczony na pierścieniu mocującym, obracającym się synchronicznie z pierścieniem krzywkowym pompy wysokiego ciśnienia. Zębata tarcza nadajnika impulsów jest umieszczona na wałku napędowym pompy. Luki w jej uzębieniu odpowiadają liczbie cylindrów silnika.

Zawór elektromagnetyczny ustawia położenie przestawiacza wtrysku, który odpowiednio obraca pierścieniem krzywkowym pompy wysokiego ciśnienia. Na rysunku 13.67 przedstawiono schematycznie wewnętrzną budowę promieniowej rozdzielaczowej pompy wtryskowej.

Regulacja początku wtrysku polega na porównaniu sygnału z czujnika wzniosu igły rozpylacza (porównaj punkt 13.6.2) z sygnałem czujnika kąta obrotu i na ewentualnej, odpowiedniej zmianie położenia przestawiacza wtrysku.

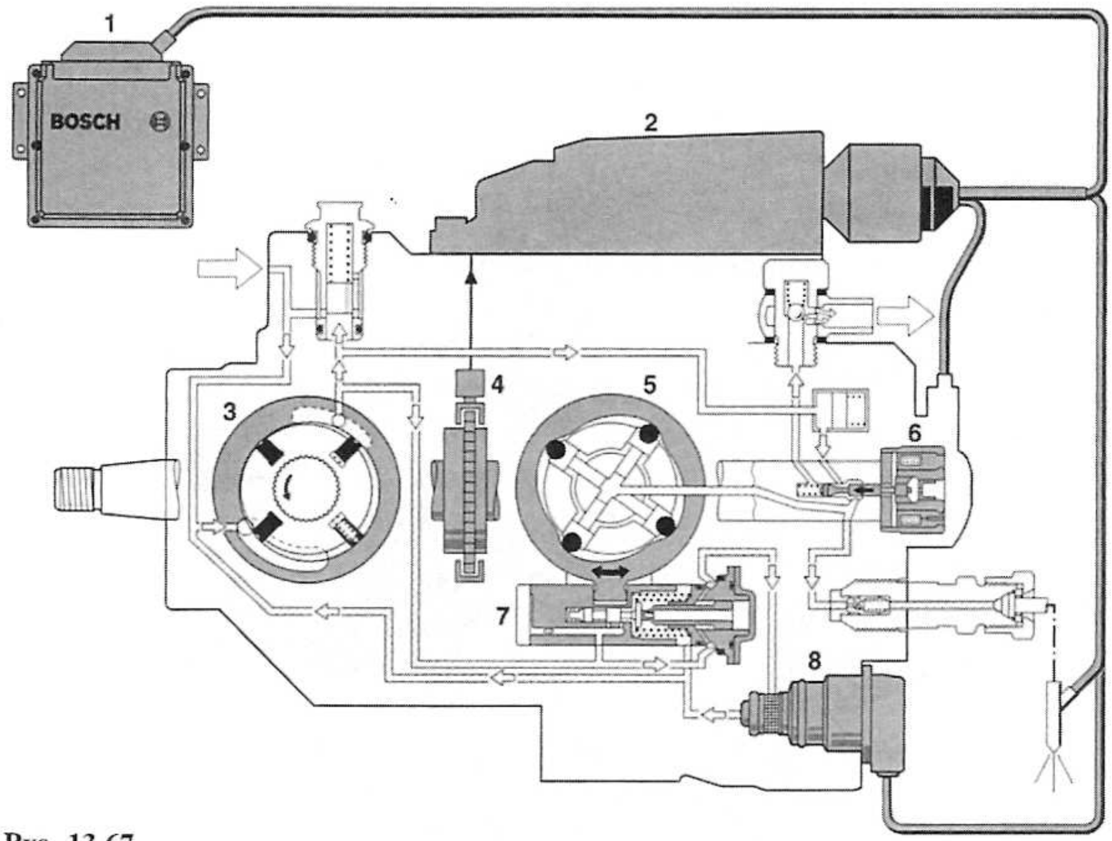


Rys. 3.66
Elementy składowe promieniowej rozdzielaczowej pompy wtryskowej
1 – pompa łopatkowo-komorowa z zaworem regulacyjnym ciśnienia, 2 – czujnik kąta obrotu, 3 – sterownik pompy, 4 – promieniowa pompa wysokiego ciśnienia z wałkiem rozdzielczym i zaworem wylotowym (zawór ciśnieniowy), 5 – przestawiacz wtrysku z taktowanym zaworem elektromagnetycznym przestawiacza, 6 – zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia

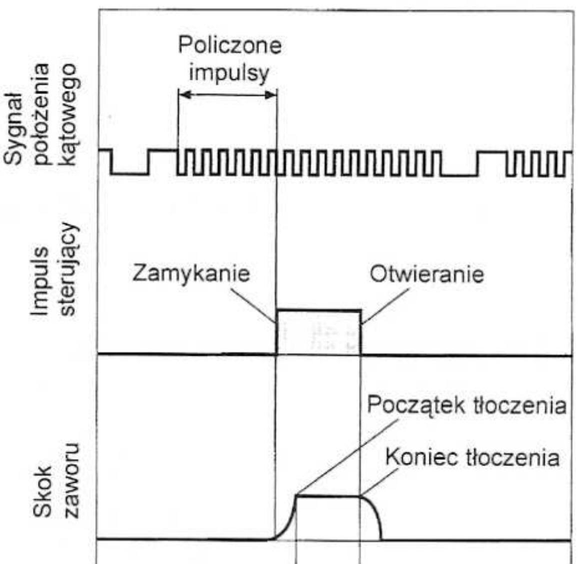
Na rysunku 13.68 pokazano związki pomiędzy sygnałami czujnika kąta obrotu, sygnałami sterującymi elektromagnetycznego zaworu wysokiego ciśnienia, skokiem zaworu (rzeczywisty wtrysk) i skokiem krzywki.

13.6.4.2. Układy z pompowtryskiwaczami (UIS) i indywidualnymi pompami wtryskowymi (UPS)

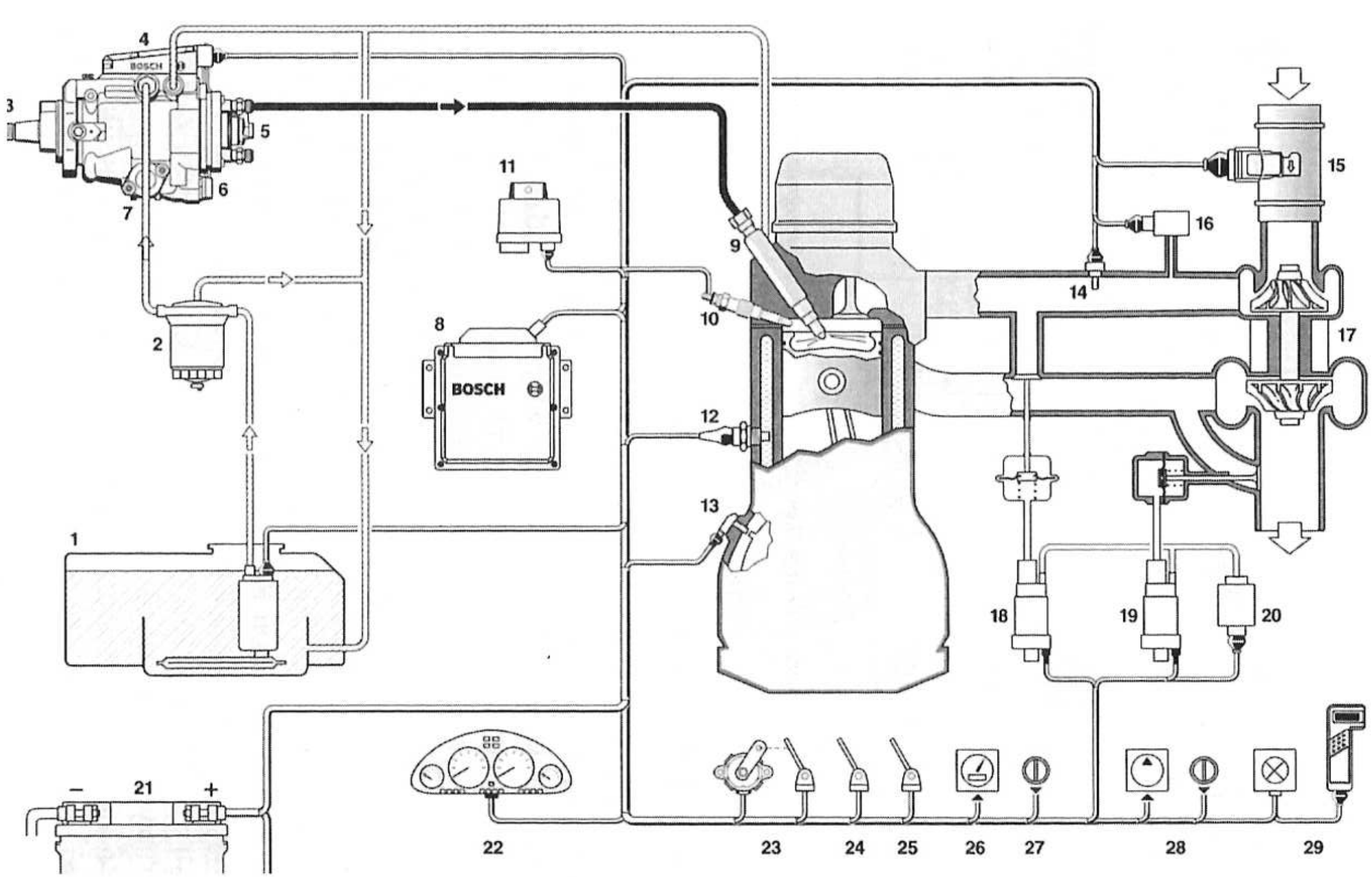
Dalszą możliwość bezpośredniego wtrysku paliwa w silnikach wysokoprężnych z elektroniczną regulacją stwarzają indywidualne układy wtryskowe. Każdemu cylindrowi przyporządkowano oddzielną pompę wtryskową z wtryskiwaczem i zaworem elektromagnetycznym. Układ pompa-wtryskiwacz (pompowtryskiwacz) w języku niemieckim ma skrót PDE (Pumpe-Düse-Einheit), a w angielskim UIS (Unit Injection System), układ pompa-przewód-wtryskiwacz oznaczono zaś odpowiednio PLD (Pumpe-Leitung-Düse) i UPS (Unit Pump System). Układy te są stosowane zarówno w samochodach ciężarowych, jak i osobowych. Pompa jest napędzana bezpośrednio przez wałek (wałki) rozrządu. W silnikach z górnymi wałkami



Rys. 13.67
Przestawianie wtrysku w promieniowej rozdzielaczowej pompie wtryskowej (dla lepszej czytelności nie zachowano rzeczywistego położenia elementów)
1 – urządzenie sterujące silnika, 2 – urządzenie sterujące pompy, 3 – pompa łopatkowo-komorowa (obrócona o 90°), 4 – czujnik kąta obrotu, 5 – pierścień krzywkowy (obrócony o 90°), 6 – zawór elektromagnetyczny wysokiego ciśnienia, 7 – przestawiacz wtrysku (obrócony o 90°), 8 – zawór elektromagnetyczny przestawiacza wtrysku



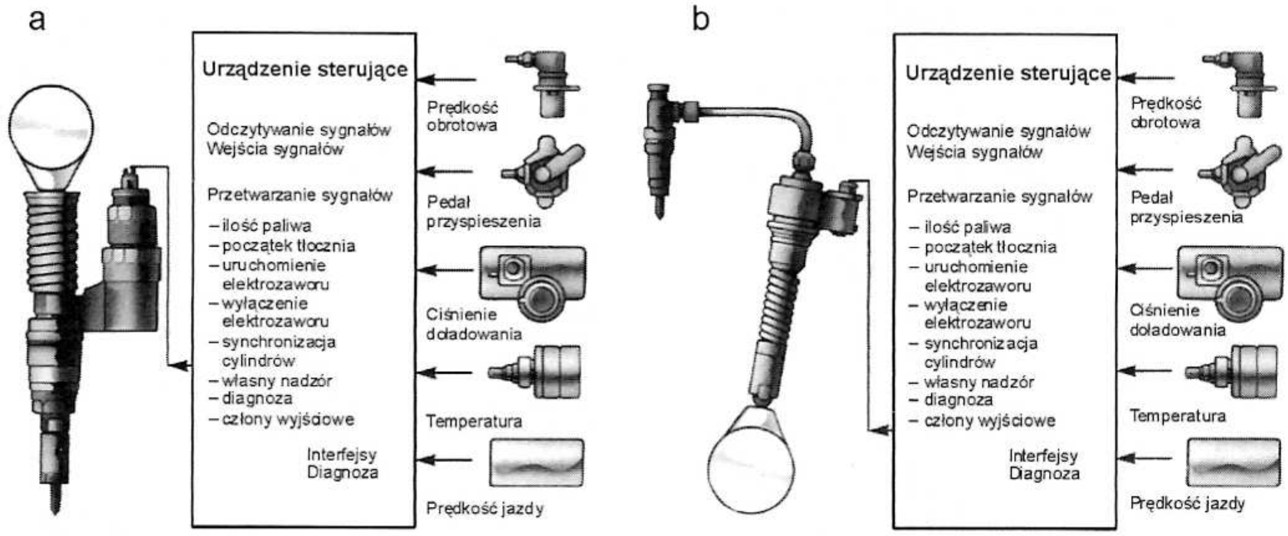
Rys. 13.68
Powstawanie sygnału sterującego elektromagnetycznego zaworu wysokiego ciśnienia



Rys. 13.69
Elementy układu wtryskowego z promieniową rozdzielaczową pompą wtryskową (VR)
1 – zbiornik paliwa, 2 – filtr paliwa, 3 – pompa wtryskowa, 4 – urządzenie sterujące pompy, 5 – elektromagnetyczny zawór wysokiego ciśnienia, 6 – zawór elektromagnetyczny przestawiacza wtrysku, 7 – przestawiacz wtrysku, 8 – urządzenie sterujące silnika, 9 – wtryskiwacz z czujnikiem wzniosu igły rozpylacza, 10 – sztabkowa świeca żarowa, 11 – sterownik czasu żarzenia, 12 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 13 – czujnik prędkości obrotowej wału korbowego, 14 – czujnik temperatury powietrza zasysanego, 15 – masowy przepływomierz powietrza, 16 – czujnik ciśnienia doładowania, 17 – turbosprężarka, 18 – nastawnik recyrkulacji spalin, 19 – nastawnik ciśnienia doładowania, 20 – pompa podciśnienia, 21 – akumulator, 22 – tablica wskaźników zużycia paliwa, prędkości obrotowej itd., 23 – czujnik położenia pedału przyspieszenia, 24 – stycznik sprzęgła, 25 – stycznik układu hamulcowego, 26 – czujniki prędkości jazdy, 27 – nastawnik regulatora prędkości jazdy, 28 – wyłącznik sprężarki klimatyzacji, 29 – lampka kontrolna ze złączem diagnostycznym

rozrządu są stosowane układy pompowtryskiwaczy, a w silnikach z dolnymi wałkami rozrządu – układy pompa-przewód-wtryskiwacz (rys. 13.70).

Niezależnie od sygnałów wejściowych i zapisanych w pamięci charakterystyk, urządzenie sterujące włącza zawór elektromagnetyczny w układach UIS i UPS. Przy braku prądu sterowania zawór jest otwarty i pompa tłoczy paliwo do przewodu przelewowego (powrotnego). Po otrzymaniu sygnału prądowego zawór się zamyka i paliwo dostaje się do wtryskiwaczy. Chwila i czas zamknięcia zaworu decydują o początku wtrysku i dawce paliwa. Pozostałe funkcje urządzenia sterującego są podobne jak w innych układach wtryskowych.

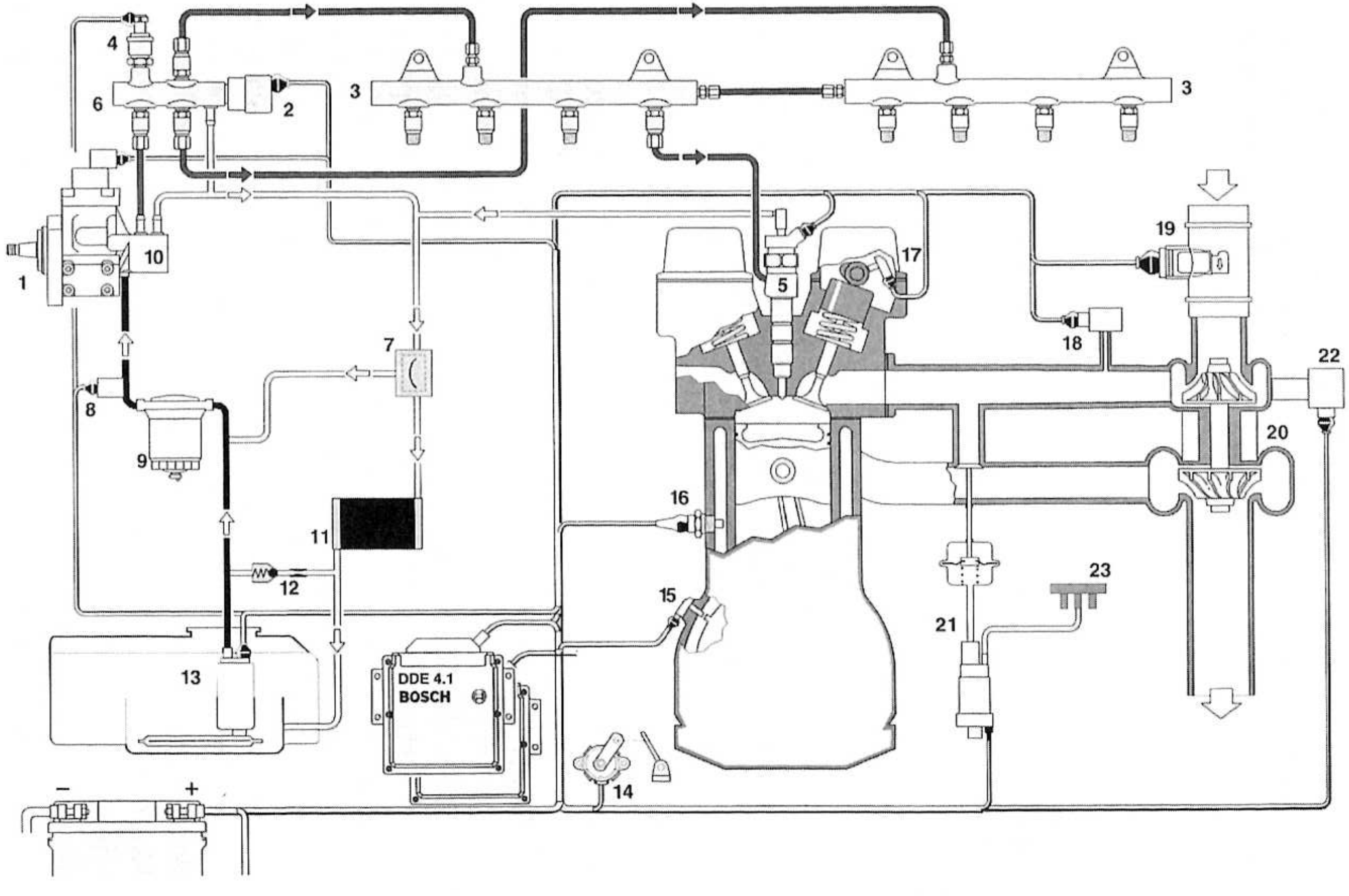


Rys. 13.70
Układy: a) pompa-wtryskiwacz, b) pompa-przewód-wtryskiwacz z zaworami elektromagnetycznymi

13.6.4.3. Zasobnikowy układ wtryskowy Common Rail

Najnowszym obecnie rozwiązaniem układu wtryskowego silników o bezpośrednim wtrysku paliwa jest zasobnikowy układ wtryskowy **Common Rail.** Rozdzielono w nim całkowicie wytwarzanie ciśnienia wtrysku i dawkę wtrysku. Znajdujące się pod ciśnieniem paliwo jest zmagazynowane we wspólnym (ang. *common*) przewodzie rozdzielaczowym, zwanym także szyną (ang. *rail*) albo zasobnikiem paliwa, z przymocowanymi do niego wtryskiwaczami, sterowanymi impulsami elektrycznymi. Dawka wtryskiwanego paliwa i chwila wtrysku mogą być ustalane przez urządzenie sterujące bez jakichkolwiek mechanicznych ograniczeń, odpowiednio do warunków eksploatacji, w celu osiągnięcia optymalnych wartości zużycia paliwa, mocy silnika i składu spalin. Układ Common Rail jest porównywalny z układem przerywanego wtrysku benzyny, naturalnie z uwzględnieniem specyfiki silnika wysokoprężnego. Na rysunku 13.71 poglądowo pokazano układ Common Rail, zastosowany w ośmiocylindrowym silniku wysokoprężnym.

Elektryczna pompa zasilająca dostarcza paliwo ze zbiornika, poprzez filtr paliwa, do pompy wysokiego ciśnienia. Za pomocą czujnika ciśnienia zasilania jest nadzorowane ciśnienie paliwa.

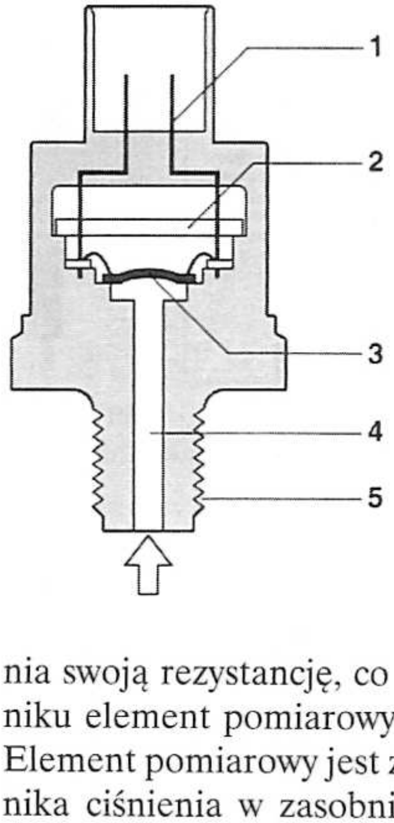


Rys. 13.71
Elementy układu Common Rail silnika 8-cylindrowego

1 – pompa wysokiego ciśnienia, 2 – zawór regulacyjny wysokiego ciśnienia, 3 – zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia (rail), 4 – czujnik ciśnienia w zasobniku, 5 – wtryskiwacz, 6 – rozdzielacz, 7 – zawór bimetalowy, 8 – czujnik ciśnienia w obwodzie zasilania, 9 – filtr paliwa, 10 – dodatkowa pompa zasilająca, 11 – chłodnica paliwa, 12 – zawór odpowietrzający z dławikiem, 13 – zbiornik paliwa z pompą zasilającą, 14 – czujnik położenia pedału, 15 – czujnik przyrostu prędkości wału korbowego, 16 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 17 – czujnik prędkości obrotowej wału rozrządu, 18 – czujnik ciśnienia doładowania, 19 – masowy przepływomierz powietrza, 20 – turbosprężarka (VNT), 21 – dwa elektropneumatyczne przetworniki ciśnienia dla układu recyrkulacji spalin, 22 – sterowanie turbosprężarki, 23 – rozdzielacz podciśnienia

Jeżeli ciśnienie to jest za małe (za mało paliwa dostaje pompa wysokiego ciśnienia), jest zmniejszana dawka wtrysku albo zatrzymywany silnik, aby nie doszło do uszkodzenia pompy wysokiego ciśnienia.

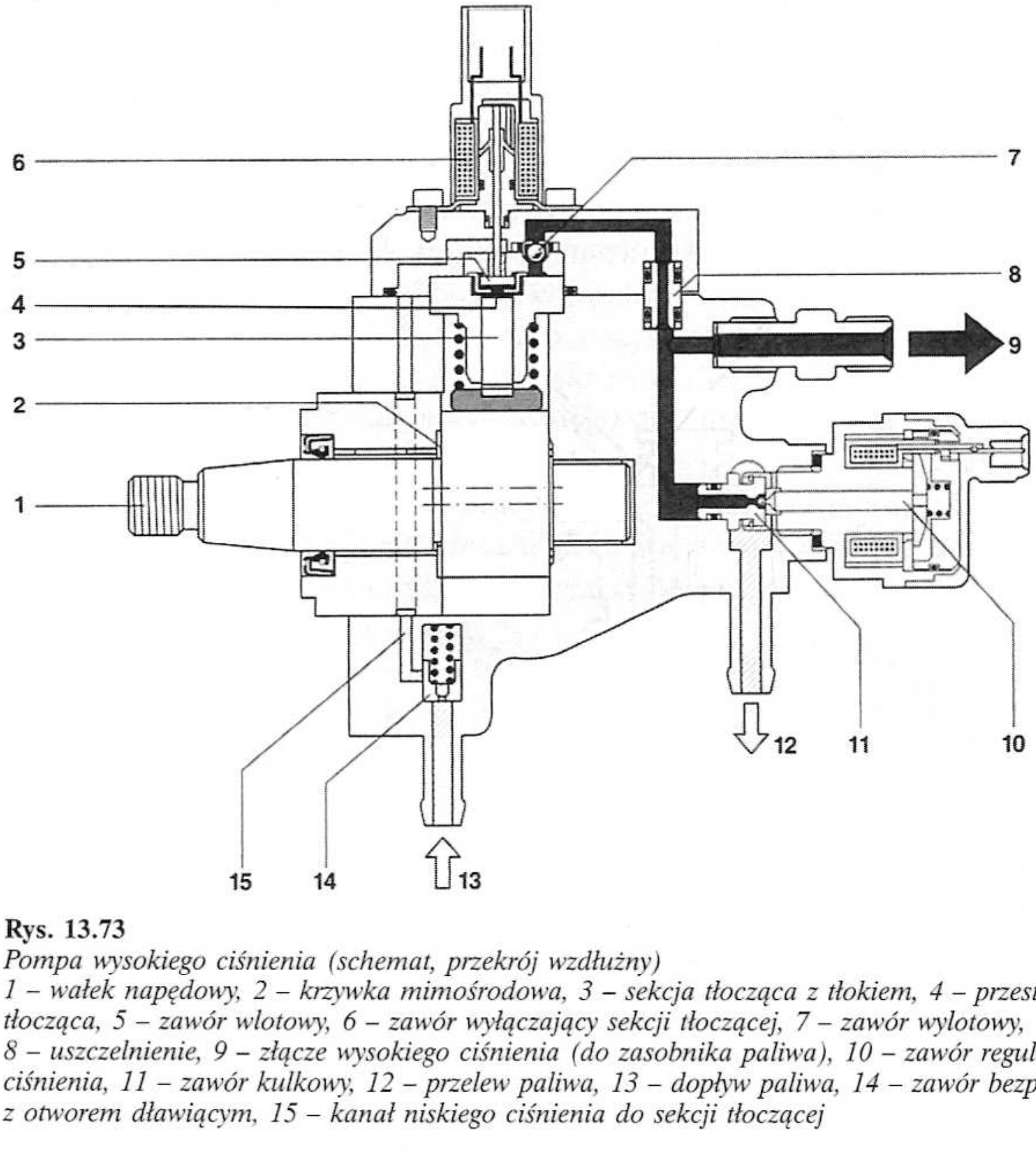
Przed pompą wysokiego ciśnienia znajduje się dodatkowa pompa zasilająca; w naszym przykładzie jest to pompa zębata, aby stale zasilić pompę wysokiego ciśnienia dostateczną ilością paliwa o zwiększonym ciśnieniu. Zadaniem pompy wysokiego ciśnienia jest tłoczenie paliwa przez rozdzielacz do zasobników paliwa, do których są przymocowane przewody z wtryskiwaczami, które wtryskują paliwo bezpośrednio do komory spalania. Przy jednym zasobniku paliwa rozdzielacz nie jest potrzebny. Przymocowany do zasobnika czujnik ciśnienia informuje urządzenie sterujące o ciśnieniu paliwa w zasobniku. Na rysunku 13.72 pokazano schemat czujnika ciśnienia w zasobniku. Pod działaniem siły ciśnienia jego przepona zmie-



Rys. 13.72
Czujnik ciśnienia w zasobniku paliwa (schemat)
1 – złącza elektryczne, 2 – elektryczny obwód pomiarowy, 3 – przepona z elementem czujnika, 4 – kanał wysokiego ciśnienia, 5 – złącze gwintowane

nia swoją rezystancję, co z kolei powoduje zmianę napięcia. Umieszczony w czujniku element pomiarowy wzmacnia zmiany napięcia do wartości od 0,5 do 4,5 V. Element pomiarowy jest zasilany napięciem 5 V. W zależności od informacji z czujnika ciśnienia w zasobniku i od obciążenia silnika, zawór regulacyjny ciśnienia nastawia ciśnienie w zasobniku na żądaną wartość. Pracą zaworu steruje urządzenie sterujące. Zawór regulacyjny ciśnienia zwykle jest umieszczony w pompie wysokiego ciśnienia, niekiedy (jak na rysunku 13.71) w rozdzielaczu. Sposób działania i budowę zaworu regulacyjnego ciśnienia wyjaśniono na rysunku 13.73.

Pompa wysokiego ciśnienia poprzez krzywkę mimośrodową i sekcję tłoczącą z tłoczkami spręża paliwo i przez zawór wylotowy dostarcza go do zasobnika. Prąd sterujący o modulowanej długości impulsu powoduje powstanie siły magnetycznej w elektromagnesie zaworu regulacyjnego ciśnienia, która dociska kulkę do gniazda zaworu i zamyka go. Uniemożliwia to odpływ paliwa oraz wywołuje wzrost ciśnienia w pompie i zasobniku. Bez dopływu prądu kulka jest dociskana tylko siłą sprężyny, wyregulowanej na ciśnienie do 10 MPa. Przy pracującym silniku, a więc włączonej pompie wysokiego ciśnienia, ale bez dopływu prądu do



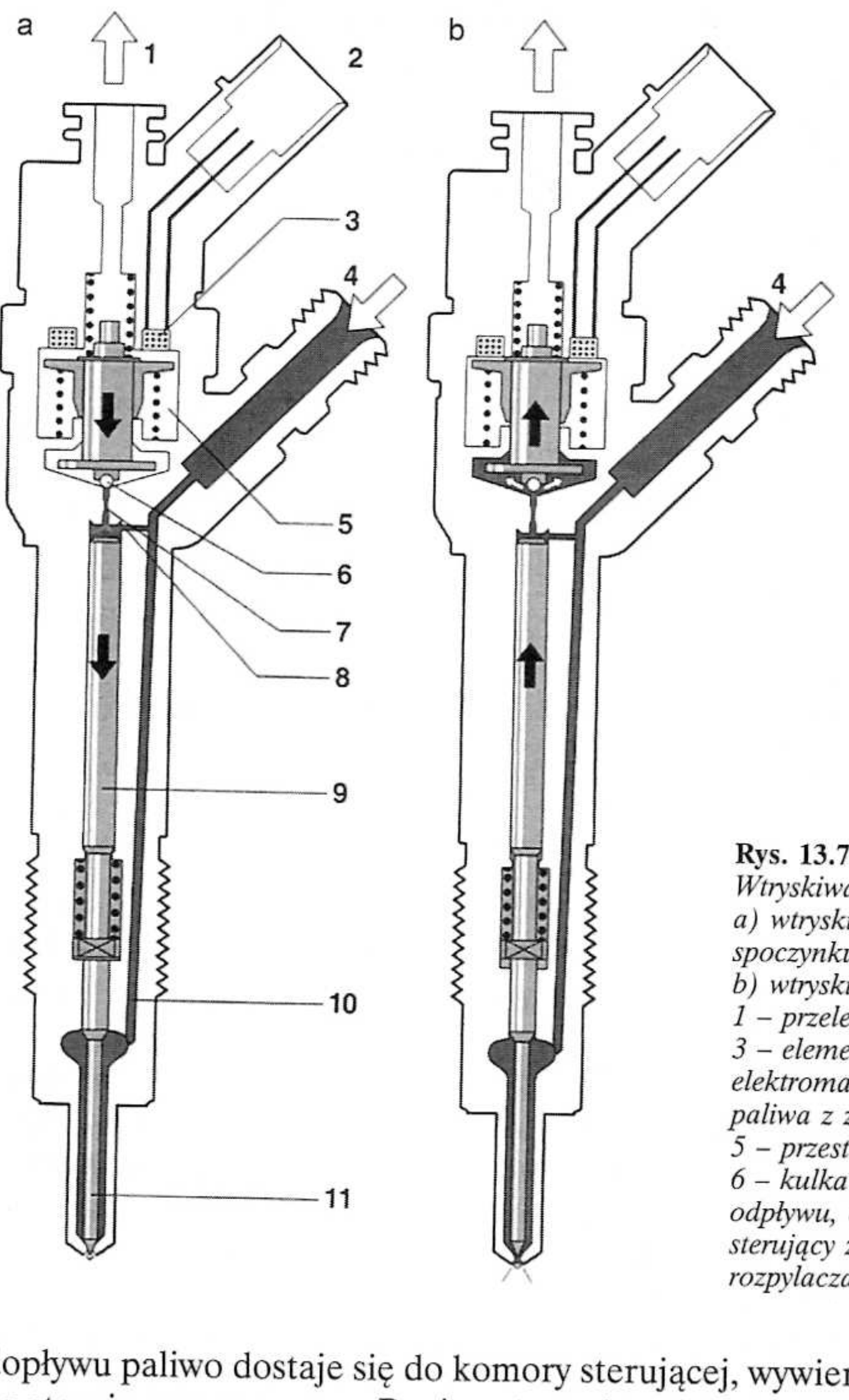
Rys. 13.73
Pompa wysokiego ciśnienia (schemat, przekrój wzdłużny)
1 – wałek napędowy, 2 – krzywka mimośrodowa, 3 – sekcja tłocząca z tłokiem, 4 – przestrzeń tłocząca, 5 – zawór wlotowy, 6 – zawór wyłączający sekcji tłoczącej, 7 – zawór wylotowy, 8 – uszczelnienie, 9 – złącze wysokiego ciśnienia (do zasobnika paliwa), 10 – zawór regulacyjny ciśnienia, 11 – zawór kulkowy, 12 – przelew paliwa, 13 – dopływ paliwa, 14 – zawór bezpieczeństwa z otworem dławiącym, 15 – kanał niskiego ciśnienia do sekcji tłoczącej

zaworu regulacyjnego, wysokie ciśnienie w pompie przezwycięża siłę nacisku sprężyny i otwiera zawór. Paliwo może wypłynąć z powrotem i nie ma dalszego wzrostu ciśnienia.

Pompa wysokiego ciśnienia ma trzy albo cztery sekcje tłoczące umieszczone promieniowo. Przy mniejszym zapotrzebowaniu paliwa urządzenie sterujące może wyłączyć jedną sekcję. W tym celu jest uruchamiany (sygnałem prądowym) zawór wyłączający sekcję, która przestaje uczestniczyć w tłoczeniu paliwa i wytwarzaniu ciśnienia. W ten sposób zostaje zmniejszony wydatek pompy wysokiego ciśnienia i nie dochodzi do niepotrzebnego podgrzewania paliwa.

Kiedy w zasobniku jest wystarczająca ilość paliwa pod odpowiednim ciśnieniem (ok. 135 MPa), wtedy może nastąpić wtrysk paliwa przez wtryskiwacze. W tym celu urządzenie sterujące włącza tzw. prąd przyciągania (ok. 20 A) do zaworu elektromagnetycznego we wtryskiwaczu. Jak długo płynie prąd, tak długo trwa wtrysk paliwa. Po wyłączeniu prądu zawór się zamyka. Na rysunku 13.74 pokazano schematy budowy wtryskiwacza w stanie wtrysku i w stanie spoczynku.

Igła rozpylacza we wtryskiwaczu jest pośrednio sterowana przez tzw. hydrauliczny układ wspomagający, ponieważ sam elektromagnes nie jest w stanie przezwyciężyć dużej siły potrzebnej do szybkiego podniesienia igły rozpylacza. Mógłby to zrobić, ale konieczny byłby zbyt duży prąd przyciągania. Bez dopływu prądu sprężyna dociska kulkę kotwicy zaworu, odcinając dławik odpływu paliwa. Pod wpływem ciśnienia w zasobniku paliwo dopływa kanałem wlotowym do rozpylacza i wywiera nacisk na igłę w kierunku otwarcia wylotu. Jednocześnie przez dławik



Rys. 13.74
Wtryskiwacz (schemat)
a) wtryskiwacz zamknięty (stan spoczynku)
b) wtryskiwacz otwarty (wtrysk paliwa)
1 – przelew paliwa, 2 – złącze elektryczne, 3 – element sterujący (zawór elektromagnetyczny 2/2), 4 – dopływ paliwa z zasobnika (wysokie ciśnienie), 5 – przestrzeń sterowania zaworem, 6 – kulka kotwicy zaworu, 7 – dławik odpływu, 8 – dławik dopływu, 9 – tłoczek sterujący zaworu, 10 – kanał dopływu do rozpylacza, 11 – igła rozpylacza

dopływu paliwo dostaje się do komory sterującej, wywierając nacisk na czoło tłoczka sterującego zaworem. Ponieważ powierzchnia czoła tłoczka jest większe, także siła działająca na tłoczek jest większa i rozpylacz pozostaje zamknięty. W celu otwarcia rozpylacza elektromagnes otrzymuje impuls prądu, przyciąga kotwicę z kulką i otwiera dławik odpływu.

Siła nacisku na czoło tłoczka sterującego zmniejsza się i wysokie ciśnienie w komorze rozpylacza powoduje wzniesienie igły. Rozpoczyna się wtrysk paliwa. Wyłączenie dopływu prądu do zaworu elektromagnetycznego powoduje zamknięcie dławika odpływu przez sprężynę dociskającą kotwicę z kulką. Ponownie wzrasta ciśnienie w komorze nad tłoczkiem sterującym i następuje opadnięcie igły rozpylacza (koniec wtrysku).

Urządzenie sterujące może bez żadnych mechanicznych ograniczeń kształtować początek wtrysku i wielkość dawki paliwa w zależności od warunków pracy silnika. Ta pełna „wolność" jest wykorzystywana także do podziału wtrysku na wstępny i zasadniczy. Ma to na celu skrócenie zwłoki zapłonu podczas wtrysku zasadniczego i zmniejszenie, specyficznego dla silników wysokoprężnych, stromego narastania ciśnienia spalania.

W celu ustalenia warunków pracy silnika urządzenie sterujące przetwarza sygnały wejściowe z następujących czujników (porównaj także rysunek 13.71):

- ❑ czujnik położenia i prędkości obrotowej wału korbowego,
- ❑ czujnik prędkości obrotowej wału rozrządu do określenia rodzaju suwu silnika (stanowi on także źródło informacji zastępczej w razie braku sygnału z czujnika położenia wału korbowego),
- ❑ czujniki temperatury cieczy chłodzącej, zasysanego powietrza, oleju silnikowego, paliwa,
- ❑ masowy przepływomierz powietrza z termoanemometrem warstwowym, w celu zapewnienia nadmiaru powietrza koniecznego do spalania,
- ❑ czujnik ciśnienia doładowania do sterowania przesłoną albo zmienną geometrią łopatek turbiny w silnikach turbodoładowanych,
- ❑ czujnik ciśnienia paliwa w zasobniku w celu stałej regulacji wysokiego ciśnienia,
- ❑ ewentualnie czujnik do kontroli ilości paliwa zasilającego pompę wysokiego ciśnienia,
- ❑ sygnały konieczne do regulacji prędkości jazdy,
- ❑ sygnały z innych urządzeń sterujących np. układu przeciwpoślizgowego kół napędowych, sterowania skrzynki przekładniowej, urządzenia alarmowego itp.

Na podstawie wszystkich tych parametrów wejściowych urządzenie sterujące oblicza początek wtrysku i dawkę paliwa oraz zasila odpowiednio prądem zawory elektromagnetyczne poszczególnych wtryskiwaczy. Uwzględniono ponadto konieczne zmiany początku wtrysku i dawki paliwa podczas rozruchu zimnego silnika, biegu jałowego, a także w celu wyrównania pracy silnika, tłumienia szarpania oraz ograniczenia dawki albo jej odcięcia.

Urządzenie sterujące wysyła także sygnały w celu regulacji ciśnienia w zasobniku, czasu pracy świecy żarowej, prędkości jazdy oraz chwilowego wyłączania sprężarki klimatyzacji. Ponadto urządzenie sterujące wysyła do magistrali danych CAN różne sygnały (np. prędkości obrotowej), niezbędne urządzeniom sterującym innych układów samochodu. Ma ono także funkcję samodiagnozowania.

14. Zintegrowane układy wtryskowo-zapłonowe (Motronic)

14.1. Informacje ogólne

W celu obliczenia chwili zapłonu, dawki wtryskiwanego paliwa i chwili rozpoczęcia wtrysku jest konieczne ustalenie warunków pracy silnika za pomocą różnych czujników. Ustalenie warunków pracy jest konieczne zarówno z punktu widzenia układu zapłonowego, jak i wtryskowego, a więc można tego dokonać za pomocą wspólnych czujników. Ponadto oba układy oddziałują na siebie nawzajem.

Logiczną konsekwencją dalszego rozwoju musiało być połączenie układów zapłonowego i wtryskowego w jeden system, z jednym urządzeniem sterującym. Oszczędzono w ten sposób „dublowania" pomiarów i znacznie uproszczono wymianę danych oraz ich przetwarzanie.

Na sterowanie (w nowych konstrukcjach chodzi o regulowanie) zintegrowanym układem zapłonowo-wtryskowym mówimy często „Motronic", chociaż jest to tylko chroniona prawnie nazwa rozwiązania firmy Bosch. Termin ten przyjął się już w nazewnictwie fachowym i dlatego w dalszych częściach tekstu będzie używany bez cudzysłowu.

Chodzi tu o kombinację elektronicznego albo w pełni elektronicznego zapłonu ze sterowanym (regulowanym) elektronicznie wtryskiem. Istnieje już wiele rozwiązań konstrukcyjnych takiego połączonego układu (np. Mono-Motronic, KE-Motronic), ale wszystkie oparte są na jednej, podstawowej zasadzie działania układów zapłonowego i wtryskowego. W różnych odmianach Motronic wbudowane są różne funkcje dodatkowe do jeszcze precyzyjniejszego sterowania i regulacji silnika, np. regulacja lambda; regulacja biegu jałowego; zmiana przewodu dolotowego; przestawianie wału rozrządu; recyrkulacja spalin; regulacja ciśnienia doładowania itd.

Motronic dostarcza także informacji innym systemom elektronicznej regulacji, np. układowi regulacji skrzynki przekładniowej albo układowi przeciwpoślizgowemu kół napędowych. Sygnały z innych układów mogą też być dla układu Motronic podstawą do ingerencji w sterownie silnika, np. zmniejszenie kąta wyprzedzenia zapłonu podczas przełączania automatycznej skrzynki przekładniowej albo podczas regulacji przeciwpoślizgowej.

W następnym punkcie omówimy niektóre z tych dodatkowych funkcji, jeżeli nie zostały one już opisane w rozdziałach o zapłonie i wtrysku paliwa.

14.2. Funkcje dodatkowe w różnych rozwiązaniach Motronic

Regulacja prędkości obrotowej biegu jałowego (rys. 14.1) istnieje w prawie wszystkich odmianach Motronic, ale też w wielu innych układach wtryskowych. Za pomocą nastawnika obrotów biegu jałowego, umieszczonego w kanale bocznikowym przepustnicy (by-pass), jest ustawiany taki przepływ powietrza, aby prędkość obrotowa biegu jałowego zrównała się z zaprogramowaną w pamięci wartością prędkości.



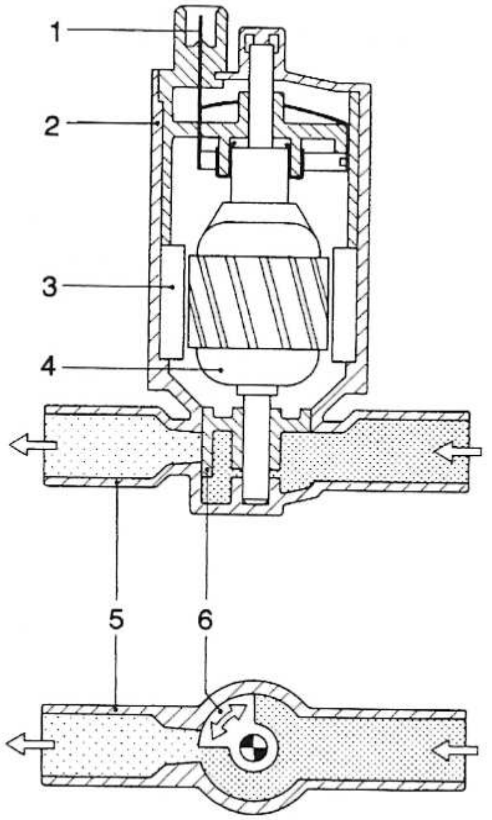
Rys. 14.1
Schemat regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego

Fazę prędkości obrotowej biegu jałowego (przepustnica zamknięta) urządzenie sterujące rozpoznaje przez zestyk biegu jałowego albo na podstawie rezystancji potencjometru w czujniku położenia przepustnicy (zależnie od rodzaju czujnika). Do różnych wartości temperatury silnika są przyporządkowane określone prędkości obrotowe biegu jałowego. Urządzenie sterujące porównuje rzeczywistą prędkość obrotową z zaprogramowaną i tak długo steruje nastawnikiem prędkości obrotowej biegu jałowego, aż wartości rzeczywista i zadana się zrównają.

Prędkość obrotowa biegu jałowego może dzięki temu być utrzymana na najniższym, dopuszczalnym poziomie, co umożliwia oszczędne zużycie paliwa. Wzbogacenie mieszanki podczas rozruchu i nagrzewania zimnego silnika jest ograniczone również do niezbędnego minimum; nie ma przy tym potrzeby uwzględniania dodatkowych odbiorników mocy, ponieważ zwiększone obciążenie silnika jest wyrównywane w osobnym procesie regulacji.

Nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego (rys. 14.2) otrzymuje z urządzenia sterującego Motronic sygnał prądowy i zmienia przekrój otworu w kanale bocznikowym. Dzięki temu na biegu jałowym silnik otrzymuje mniej lub więcej powietrza. Jednocześnie przepływomierz powietrza mierzy masę zasysanego powietrza i na tej podstawie jest regulowana dawka paliwa. Dopasowywana jest także chwila zapłonu.

Nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego ma dwa uzwojenia, które na przemian są zasilane prądem o modulowanej długości impulsu (taktowane). Przewodem masy jest korpus nastawnika. Obrotowa przesłona zwiększa i zmniejsza



Rys. 14.2
Nastawnik prędkości obrotowej biegu jałowego
1 – złącze elektryczne, 2 – obudowa, 3 – magnes stały, 4 – twornik, 5 – kanał bocznikujący przepustnicę(by-pass), 6 – przesłona obrotowa

pole przekroju kanału, odpowiednio do czasu trwania taktu (współczynnika trwania impulsu).

Poprzez zmianę współczynnika (w przedziale od 20 do 80%) urządzenie sterujące ustala położenie przesłony (kąt otwarcia), a tym samym prędkość obrotową biegu jałowego. Przy rozgrzanym, nieobciążonym silniku współczynnik trwania impulsu wynosi ok. 25%. Pozostaje więc dostateczny zapas regulacji dla rozruchu zimnego silnika i większych obciążeń. Proste nastawniki prędkości obrotowej biegu jałowego mają tylko jedno uzwojenie. Zasada ich działania jest taka sama.

Regulacja biegu jałowego ma obecnie charakter adaptacyjny (dopasowujący), tzn. zmiany spowodowane zużyciem mechanicznym silnika i innymi czynnikami są w urządzeniu sterującym wyrównywane na podstawie wartości adaptacyjnych, zapisanych w jego pamięci. Przerwa dopływu prądu do urządzenia sterującego (wyciągnięcie wtyku albo odłączenie akumulatora) powoduje utratę wszystkich zapisanych w pamięci wartości adaptacyjnych. Może to prowadzić do obniżenia komfortu jazdy albo nierównej pracy silnika, dopóki nie odtworzone zostaną wartości adaptacyjne.

Standardem staje się już sterowanie przez Motronic **pochłaniacza par paliwa**, będącego uzupełnieniem katalizatora trzyfunkcyjnego i regulacji lambda (patrz punkt 13.5).

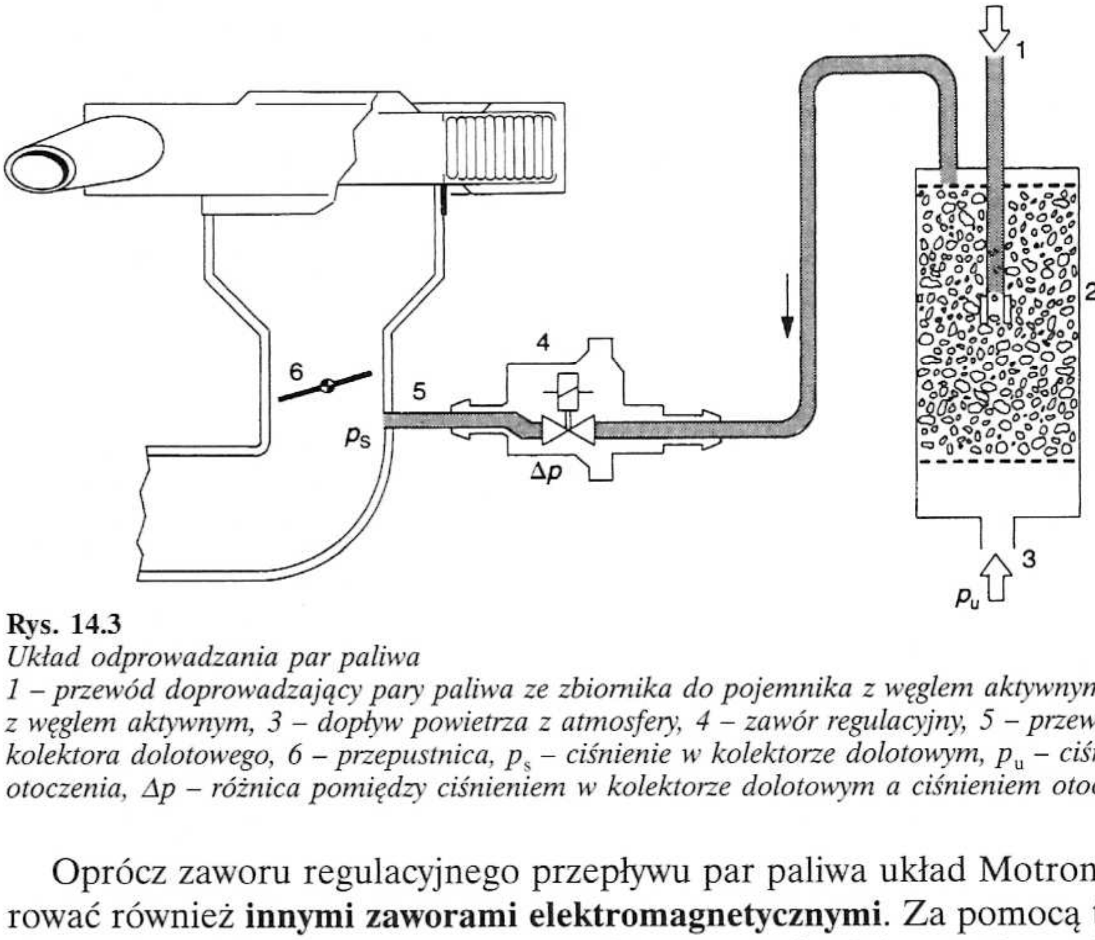
Powstające w zbiorniku pary paliwa nie mogą wydostawać się na zewnątrz. Doprowadza się je przewodem do pojemnika wypełnionego węglem aktywnym, który pochłania pary paliwa i odfiltrowuje z nich paliwo (rys. 14.3).

Aby uwolnić węgiel aktywny z paliwa doprowadza się do pojemnika świeże powietrze, które pod wpływem podciśnienia odsysa paliwo z węgla. Podczas pracującego silnika urządzenie sterujące wysyła taktowane impulsy elektryczne do za-

woru regulacyjnego przepływu par paliwa. Stopień otwarcia zaworu określa ilość zasysanego, na skutek podciśnienia, powietrza z wypłukanym z węgla paliwem. Mieszanka ta zostaje doprowadzona do silnika i spalona.

Zawór regulacyjny połączony jest z zaciskiem 30. Sygnał masy otrzymuje od urządzenia sterującego. Przy braku prądu sterowania zawór jest otwarty. Po uruchomieniu silnika zawór pozostaje zamknięty i dopiero po osiągnięciu przez silnik określonej temperatury (na ogół 60°C) jest na pewien czas otwierany. Okresy otwarcia (taktowanie) określa urządzenie sterujące w zależności od ustawienia przepustnicy i sygnałów z sondy lambda. Po wyłączeniu zapłonu zawór regulacyjny pochłaniacza pozostaje przez kilka sekund zamknięty, aby zatrzymujący się silnik nie zasysał mieszanki z układu.

Sterowanie (taktowanie) zaworu regulacyjnego przepływu par paliwa, nazywanego niekiedy w uproszczeniu zaworem odpowietrzającym zbiornik paliwa, ma przeważnie charakter adaptacyjny, tzn. urządzenie sterujące dopasowuje takty otwierania zaworu do zmieniających się warunków pracy silnika.



Rys. 14.3
Układ odprowadzania par paliwa
1 – przewód doprowadzający pary paliwa ze zbiornika do pojemnika z węglem aktywnym, 2 – pojemnik z węglem aktywnym, 3 – dopływ powietrza z atmosfery, 4 – zawór regulacyjny, 5 – przewód do kolektora dolotowego, 6 – przepustnica, p_s *– ciśnienie w kolektorze dolotowym,* p_u *– ciśnienie otoczenia,* Δp *– różnica pomiędzy ciśnieniem w kolektorze dolotowym a ciśnieniem otoczenia*

Oprócz zaworu regulacyjnego przepływu par paliwa układ Motronic może sterować również **innymi zaworami elektromagnetycznymi**. Za pomocą takich zaworów można dokonywać **zmiany długości przewodów dolotowych, zmiany faz rozrządu, recyrkulacji spalin; regulacji ciśnienia doładowania** w silnikach turbodoładowanych i wielu innych procesów. Układ Motronic zamyka albo otwiera te zawory według zaprogramowanych wartości, w zależności od warunków pracy silnika. W ten sposób jest regulowane oddziaływanie (albo zaniechanie oddziaływania) podciśnienia w układzie dolotowym, ciśnienia oleju itd. na odpowiednie elementy układów regulacji.

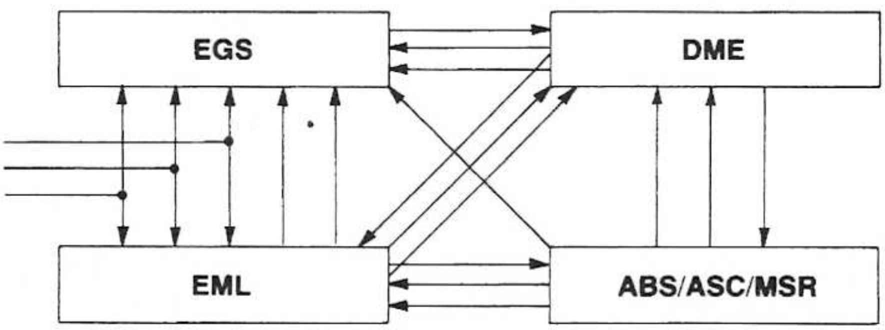
Podczas procesu sterowania tymi zaworami zachodzi na ogół zjawisko histerezy, tzn. punkty włączania i wyłączania nie pokrywają się, aby uniknąć wielokrotnego włączania i wyłączania zaworów przy określonej prędkości obrotowej.

Motronic może także **sterować różnymi przekaźnikami** np. sprężarki klimatyzacji, obwodu grzewania sondy lambda itd. Sterowanie polega na ogół na wysłaniu sygnału masy do obwodu prądu sterującego w przekaźniku.

Kolejną funkcją układu Motronic jest **komunikacja (wymiana danych) z innymi układami**. Chodzi tu o przekazywanie informacji (danych) o warunkach pracy silnika, np. sygnału td do obrotomierza zestawu wskaźników, informacji o rzeczywistym położeniu przepustnicy do układu regulacji przeciwpoślizgowej kół napędowych i urządzenia sterującego automatycznej skrzynki przekładniowej itp. Są to przeważnie sygnały o prostokątnej charakterystyce, które można sprawdzić za pomocą współczynnika trwania impulsu.

Komunikacja polega także na otrzymywaniu i przetwarzaniu sygnałów z innych układów, np. o ingerencji w kąt wyprzedzenia zapłonu podczas zmiany biegów, wyłączania zapłonu i wtrysku podczas przeciwpoślizgowej regulacji kół napędowych itd. Są to przeważnie sygnały o prostokątnej charakterystyce, które jednak wysyłane są przez krótki okres czasu, a tym samym trudne do modulowania i zmierzenia. W praktyce można je sprawdzać tylko dzięki samodiagnozowaniu urządzeń sterujących na podstawie zapisów kodów błędów w pamięci diagnostycznej.

Istnieje ogromna ilość powiązań między układami, które wymieniają się wieloma danymi (rys. 14.4).



EGS – elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej, DME – cyfrowa elektronika samochodowa, EML – elektroniczne sterowanie mocy silnika, ABS – układ przeciwblokujący, ASC – układ przeciwpoślizgowy, MSR – regulacja momentu hamującego silnika

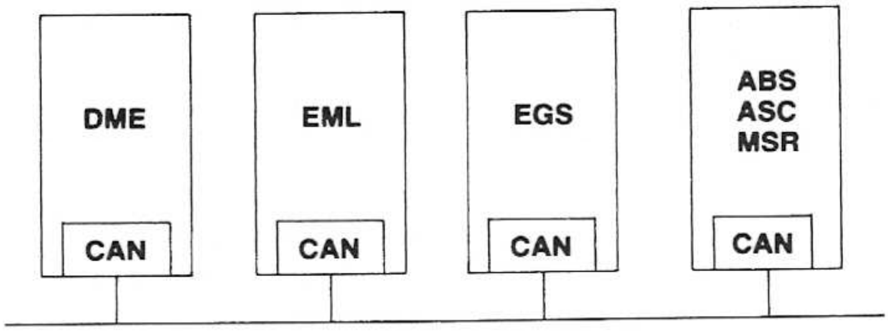
Rys. 14.4
Zwyczajowe połączenia pomiędzy urządzeniami sterującymi

Inna forma wymiany danych to połączenie poszczególnych układów przy zastosowaniu wspólnej magistrali szeregowej transmisji danych, zwanej CAN (Controller Area Network). Pozwala to ograniczyć do absolutnego minimum ilość przewodów łączących urządzenia sterujące.

W opisanym dalej rozwiązaniu Motronic taka forma wymiany danych jest standardem. Magistralę CAN można sobie wyobrazić w dużym uproszczeniu jako centralę telefoniczną. Pomiędzy urządzeniami sterującymi przepływa w ciągu sekundy

do miliona danych w formie cyfrowej. Nie ma potrzeby przekształcania ich na sygnały analogowe. Elementy magistrali CAN nawzajem się nadzorują.

Kontrola może polegać jedynie na sprawdzeniu jakości zamocowań przewodów i przejrzeniu zawartości pamięci diagnostycznej w poszukiwaniu zarejestrowanych kodów usterek.



Rys. 14.5
Połączenie urządzeń sterujących magstralą CAN

14.3. Układ Motronic M3.3

Układ Motronic M3.3 jest bardzo rozległym, zintegrowanym systemem sterowania silnika. Zostanie on tutaj opisany niejako w zastępstwie wszystkich innych rozwiązań.

W skład układu Motronic M3.3 wchodzi całkowicie elektroniczny układ zapłonowy ze statycznym rozdziałem iskry i pośredni wielopunktowy układ wtryskowy z masowym przepływomierzem powietrza.

Przez 88-stykowe złącze jest możliwe przenoszenie wszystkich sygnałów, opisanych na rysunku 14.6.

Poniżej omówiono wszystkie sygnały wejściowe i wyjściowe, ich znaczenie i funkcje w układzie oraz zachowanie się układu w sytuacji braku któregoś z sygnałów. Rodzaje sygnałów i sposoby ich pomiaru oraz kontroli opisano w rozdziałach 12 i 13.

Poprzez zacisk 15 i styk 56 urządzenie sterujące jest połączone z biegunem (+) akumulatora. Do styku 27 jest doprowadzona masa. Zasilanie prądem roboczym odbywa się przy tym przez styk 54 z przekaźnika głównego. Taki obwód bezpieczeństwa gwarantuje, że przerwa na zacisku 15 (np. z powodu wypadku) spowoduje natychmiastowe odcięcie urządzenia sterującego od zasilania i zatrzymanie silnika.

Poprzez styk 26, na stałe połączony z (+), jest zasilana pamięć diagnostyczna i wszystkich wartości adaptacyjnych.

Styki 28, 71, 55, 6, 45 i 34 są połączeniami z masą dla różnych czujników i członów wyjściowych.

Styki 16 i 43 są złączami czujnika położenia wału korbowego. W razie braku tego sygnału wartością zastępczą położenia i prędkości obrotowej wału korbowego jest informacja z czujnika wału rozrządu. Sterowanie silnikiem pogarsza się, ale może on zadawalająco pracować w trybie awaryjnym.

Wejścia	Urządzenie sterujące		Wyjścia
(+) akumulatora, zacisk 15	56	27	główny przekaźnik (zacisk 85)
(+) akumulatora przez główny przekaźnik	54	1	przekaźniki elektryczne pompa paliwa
(+), zacisk 30 (stałe zasilanie)	26	37	przekaźnik ogrzewania sondy lambda
masa (elektryczna i ekranowanie)	28	48	przekaźnik sprężarki klimatyzacji
masa (czujniki analogowe + KS)	71		
masa (zapłon)	55		
masa (wtryskiwacze)	6		zawór taktowany
masa (nadzór nad obwodem zapłonu)	45	36	pojemnik z aktywnym węglem
masa (pozostałe człony wyjściowe)	34	20	informacja o położeniu przepustnicy dla układu ASR
czujniki		29	włączenie nastawnika biegu jałowego
		2	wyłączenie nastawnika biegu jałowego
położenia wału korbowego (+)	16		
położenia wału korbowego (−)	43	3	wtryskiwacz 1. cylindra
położenia wału rozrządu (+)	17	31	wtryskiwacz 2. cylindra
położenia wału rozrządu (−)	44	4	wtryskiwacz 3. cylindra
przepływomierz – sygnał	41	32	wtryskiwacz 4. cylindra
przepływomierz –masa	14	5	wtryskiwacz 5. cylindra
położenie przepustnicy	73	33	wtryskiwacz 6. cylindra
temperatura silnika	78	7	wtryskiwacz 7. cylindra
temperatura zassanego powietrza	77	35	wtryskiwacz 8. cylindra
sonda lambda 1. sygnał	13		
sonda lambda 1. masa	40		
sonda lambda 2. sygnał	12	25	cewka zapłonowa 1. cylindra
sonda lambda 2. masa	39	52	cewka zapłonowa 2. cylindra
nadzorowanie obwodu wtryskowego	15	24	cewka zapłonowa 3. cylindra
czujnik spalania stukowego 1	70	51	cewka zapłonowa 4. cylindra
czujnik spalania stukowego 2	69	23	cewka zapłonowa 5. cylindra
czujnik spalania stukowego 3	68	50	cewka zapłonowa 6. cylindra
czujnik spalania stukowego 4	67	22	cewka zapłonowa 7. cylindra
sygnał prędkościomierza (V)	42	49	cewka zapłonowa 8. cylindra
wyłączniki		11	położenie przepustnicy
		47	sygnał td
całego układu klimatyzacji	64	46	sygnał ti
		59	zasilanie +5V
sprężarki klimatyzacji	65		
świateł drogowych	81	8	lampa wyświetlania usterek
ASR, sygnał 1. aktywny / nieaktywny	62		
ASR, sygnał 2. aktywny / nieaktywny	83		
ASR, sygnał 3. aktywny / nieaktywny	82		
urządzenie alarmowe	66		
		85	CAN L
ekranowanie CAN	84	86	CAN H
napięcie dla programisty	60	61	napięcie dla programisty (kontrola)
	87	88	
	↑ Diagnoza	↑	

Rys. 14.6
Identyfikacja styków sterownika układu Bosch Motronic M3.3

Sygnał z czujnika wału rozrządu jest odbierany przez styki 17 i 44. Brak tego sygnału (brak możliwości ustalenia suwu silnika) uruchamia tryb równoległej pracy członów końcowych. Oznacza to, że sterowane są jednocześnie dwie cewki zapłonowe i dwa wtryskiwacze w cylindrach, których tłoki znajdują się w położeniach GMP. W ten sposób jedna iskra jest wykorzystywana, a druga tracona. Dwa wtryskiwacze wtryskują raz na jeden obrót wału korbowego połowę dawki paliwa. Silnik nie pracuje równomiernie i rośnie zużycie paliwa. Brak sygnałów obu czujników (wału korbowego i wału rozrządu) uniemożliwia pracę silnika, także w trybie awaryjnym.

Przez styk 41 urządzenie sterujące otrzymuje sygnał z przepływomierza powietrza z termoanemometrem warstwowym o masie zasysanego powietrza. Styk 14 zapewnia połączenie z masą. W razie braku sygnału z przepływomierza urządzenie sterujące Motronic oblicza ilość zassanego powietrza na podstawie informacji o położeniu przepustnicy (styk 73) i prędkości obrotowej (zobacz także sterowanie α/n).

Sterowanie układem i zużycie paliwa pogarszają się także w razie braku sygnału z czujnika położenia przepustnicy. W normalnych warunkach informacja o uchyleniu przepustnicy wyprzedza informację z przepływomierza powietrza i dlatego podczas przyspieszania mieszanka jest odpowiednio wzbogacana.

Przy braku sygnału czujników przepływomierza powietrza i położenia przepustnicy praca silnika jest możliwa w bardzo ograniczonym zakresie. Urządzenie sterujące sztywno przyporządkowuje wówczas określonym wartościom prędkości obrotowej odpowiednie dawki wtrysku.

Przez styk 78 trafia informacja o temperaturze silnika. Przy braku sygnału albo jeśli nie mieści się on w granicach tolerancji, do obliczeń jest przyjmowana zaprogramowana wartość zastępcza (temperatura normalnej pracy).

Podczas rozruchu zimnego silnika przez kilka sekund jest uwzględniana temperatura zasysanego powietrza (styk 77). Dzieje się tak, ponieważ podczas fazy rozruchu przepływ powietrza jest na tyle niestabilny, że informacja z przepływomierza powietrza jest zbyt niedokładna. Brak sygnału czujnika temperatury zasysanego powietrza może więc stanowić problem zaledwie przez kilka sekund.

W układzie M3.3 bywają montowane dwie sondy lambda (styki 13, 40, 12 i 39), które uczestniczą w regulacji mieszanki dla jednej grupy cylindrów. Uszkodzenie jednej z sond powoduje przejście na opcję sterowania związanych z tą sondą cylindrów. Uwzględniane są przy tym zgromadzone w pamięci wartości adaptacyjne.

Przez obwód nadzorujący zapłon (styk 15) urządzenie sterujące kontroluje działanie zespołu zapłonu. Po stwierdzeniu w którymś z cylindrów kilku kolejnych nieprawidłowych zapłonów zostaje wyłączony wtrysk do tego cylindra w celu ochrony katalizatora przed przegrzaniem albo spaleniem. Na pozostałych cylindrach silnik pracuje wtedy normalnie.

Styki 70, 69, 68 i 67 są przeznaczone do podłączenia nawet czterech czujników spalania stukowego. Spalanie detonacyjne może być rozpoznane w każdym z cylindrów i w razie jego wykrycia zostaje przeprowadzona odpowiednia korekcja chwili zapłonu (KWZ) w tym cylindrze. Mówi się wtedy o selektywnej regulacji spalania detonacyjnego. Sygnał czujnika stukowego jest przyporządkowany zawsze cylin-

drowi, w którym nastąpił właśnie zapłon. Dlatego też nie można zamieniać przewodów prowadzących do czujników; może to spowodować uszkodzenie silnika, gdyż sygnał spalania detonacyjnego zostanie przypisany niewłaściwemu cylindrowi. Regulacja spalania stukowego ma także charakter adaptacyjny po to, aby większy poziom hałasu silnika, wynikający z jego mechanicznego zużycia, nie został rozpoznany jako spalanie detonacyjne.

Sygnał prędkości jazdy (o prostokątnej charakterystyce, styk 42) służy sterownikowi Motronic do regulowania zaprogramowanej przez kierowcę maksymalnej prędkości jazdy. Sygnał ten może być także wykorzystany do odłączania niektórych odbiorników (np. sprężarki klimatyzacji) podczas gwałtownego przyspieszania przy małej prędkości.

Informacje o włączonej lub wyłączonej klimatyzacji (styk 64), włączonej lub wyłączonej sprężarce (styk 65) albo światłach drogowych (styk 81) są brane pod uwagę podczas regulacji prędkości obrotowej biegu jałowego i stanowią podstawę do ewentualnego wzbogacenia mieszanki.

Przez trzy przewody sygnałowe (styki 62, 82 i 83) urządzenie sterujące układu regulacji przeciwpoślizgowej ingeruje w procesy regulacji pracy silnika (patrz punkt 15.2).

Sygnał instalacji alarmowej (styk 66) powoduje odłączenie zapłonu albo wtrysku (nie można uruchomić silnika). Dla prędkości obrotowej powyżej biegu jałowego sygnał ten nie jest już akceptowany, aby nie doszło do zakłóceń w czasie jazdy w razie usterki urządzenia alarmowego.

Ekranowanie magistrali CAN jest podłączone do styku 84.

Styk 60 służy do programowania urządzenia sterującego przez producenta, a styk 61 do sprawdzania prawidłowości jego zaprogramowania.

Styki 87 i 88 są złączami do urządzenia diagnostycznego.

Przez styk 1 jest wysyłany sygnał masy do sterowania przekaźnikiem elektrycznej pompy paliwa w chwili, w której urządzenie sterujące otrzyma sygnał z czujnika prędkości obrotowej (obwód bezpieczeństwa, wypadek).

Przez styk 37 jest wysyłany sygnał masy do przekaźnika sterującego obwodem podgrzewania sondy lambda.

Przez styk 48 może być wyłączona sprężarka klimatyzacji.

Styk 36 służy do wysyłania taktowanych sygnałów masy do zaworu regulacyjnego w obwodzie odprowadzania par paliwa.

Przez styk 20 wychodzi do układu regulacji przeciwpoślizgowej sygnał o położeniu przepustnicy.

Styki 29 i 2 są przeznaczone dla nastawnika prędkości obrotowej biegu jałowego (uzwojenie zamykające i otwierające).

Styki 3, 4, 5, 7, 31, 32, 33 i 35 służą do indywidualnego sterowania nawet ośmiu wtryskiwaczy (wtrysk wielopunktowy). W fazie rozruchu silnika na krótko są uruchamiane wszystkie wtryskiwacze jednocześnie w celu wytworzenia filmu paliwowa na ściankach kolektora dolotowego i wzbogacenia mieszanki. W razie uszkodzenia jednego członu wyjściowego w urządzeniu sterującym jego funkcję sterowania odpowiednim wtryskiwaczem może przejąć sąsiedni człon.

To samo dotyczy ewentualnych ośmiu cewek zapłonowych (styki 25, 24, 23, 22, 52, 51, 50 i 49).

W fazie rozruchu zimnego silnika są sterowane jednocześnie dwie cewki z cylindrów, w których tłoki znajdują się w górnych martwych położeniach. Osiąga się w ten sposób skrócenie fazy rozruchu. Takie jednoczesne sterowanie ma także miejsce w razie awarii czujnika położenia wału rozrządu.

Styk 11 jest wyjściem sygnału do innych urządzeń sterujących z czujnika położenia przepustnicy.

Przez styk 47 wychodzi sygnał td (prędkość obrotowa) do prędkościomierza zestawu wskaźnków i ewentualnie do innych urządzeń sterujących.

Przez styk 46 wychodzi sygnał ti do innych urządzeń sterujących, do wskaźnika poziomu paliwa zestawu wskaźników i do komputera pokładowego w celu obliczenia zużycia paliwa.

Przez styk 59 jest zasilany prądem o wartości +5 V potencjometr czujnika położenia przepustnicy.

Styk 8 może służyć do sterowania lampką kontrolną, wyświetlającą kody usterek.

Styki 85 i 86 służą do połączenia magistralą CAN z innymi urządzeniami sterującymi. Informacje, które mogą być wymieniane, to np. prędkość obrotowa, obciążenie i temperatura silnika, położenie przepustnicy, zmniejszenie KWZ, odłączenie zapłonu i wtrysku, zaprogramowana prędkość jazdy itd.

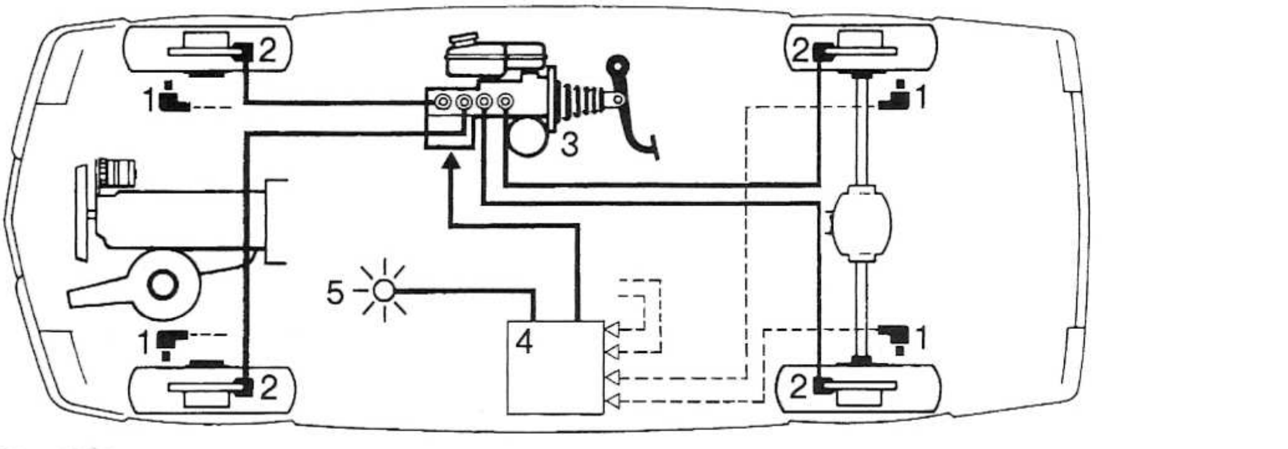
15. Układy regulacji i sterowania dynamiki jazdy

15.1. Układ przeciwblokujący (ABS)

Podczas gwałtownego hamowania w klasycznym układzie hamulcowym powstaje niebezpieczeństwo zablokowania kół i wpadnięcia pojazdu w poślizg. Układ ABS rozwiązuje ten problem, regulując ciśnienie hamowania tak, aby na wszystkich rodzajach nawierzchni skutecznie wykluczyć blokowanie kół i zapewnić panowanie nad pojazdem. Skuteczność jazdy musi być zachowana nie tylko na suchym asfalcie, lecz także podczas gołoledzi oraz we wszystkich innych warunkach. Także „zwyczajny kierowca" musi potrafić opanować samochód za pomocą niewielkich ruchów kierownicy.

15.1.1. Podstawowe funkcje i ogólna budowa układu ABS

Na rysunku 15.1 pokazano samochód z układem ABS. Urządzenie sterujące otrzymuje z czujników prędkości obrotowej kół informacje wejściowe potrzebne do regulowania procesu hamowania. Czujniki przekazują do urządzenia sterującego informacje o prędkości kół w postaci sinusoidalnego napięcia przemiennego. Elek-



Rys. 15.1
Samochód osobowy z ABS
1 – czujnik prędkości obrotowej koła, 2 – hamulec koła, 3 – zespół hydrauliczny z pompą hamulcową, 4 – urządzenie sterujące, 5 – lampka kontrolna

troniczny układ logiczny w urządzeniu sterującym określa na tej podstawie prędkość odniesienia pojazdu, stanowiącą punkt odniesienia procesu regulacji.

Wszystkie zmiany prędkości obrotowej jednego lub kilku kół są rejestrowane. Zbyt duży spadek prędkości w określonym czasie albo w stosunku do prędkości odniesienia jest rozpoznawany jako niebezpieczeństwo zablokowania koła.

W celu niedopuszczenia do zablokowania koła ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca jest utrzymywane na osiągniętym wcześniej poziomie i dalej nie wzrasta (faza utrzymywania ciśnienia). Jeśli prędkość obrotowa koła nadal spada, ciśnienie hamowania zostaje zredukowane (faza zmniejszania ciśnienia) i koło jest hamowane słabiej. W rezultacie znowu zwiększa się prędkość obrotowa koła i pojazd pozostaje pod kontrolą.

Osiągnięcie określonej wartości granicznej jest dla urządzenia sterującego sygnałem do ponownego zwiększenia ciśnienia hamowania w celu zmniejszenia prędkości obrotowej koła (faza zwiększania ciśnienia).

W ten sposób regulacja zaczyna się od nowa. Zależnie od rodzaju nawierzchni może występować 4 do 10 cykli regulacji w ciągu sekundy aż do osiągnięcia dolnego progu regulacji, odpowiadającego prędkości samochodu ok. 4 km/h.

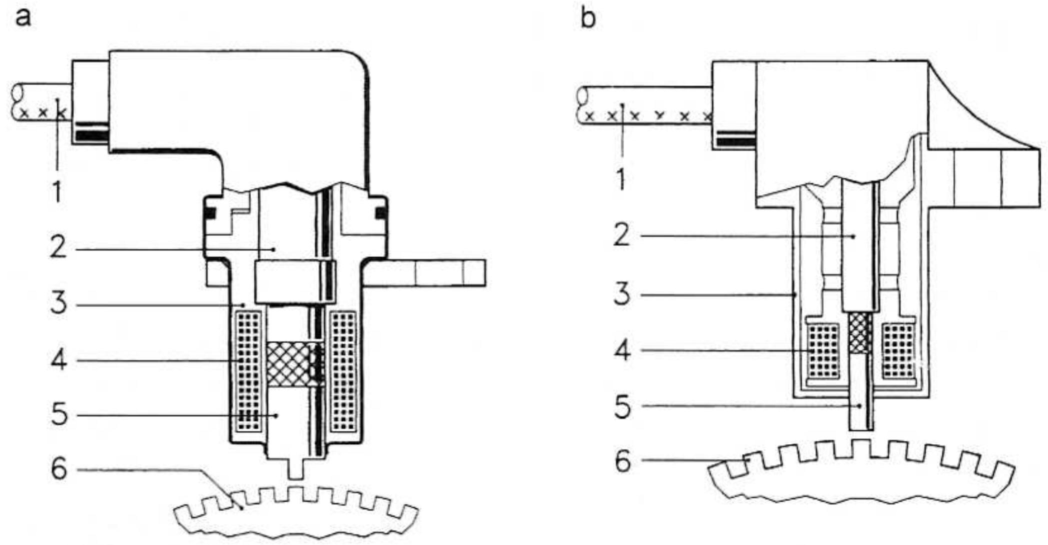
W czasie wszystkich faz regulacji (utrzymywanie, zmniejszanie, zwiększanie ciśnienia) urządzenie sterujące uruchamia jeden lub kilka zaworów elektromagnetycznych zgrupowanych w zespole hydraulicznym. W zależności od producenta są stosowane trzy podstawowe rozwiązania układu ABS:

a) regulowane jest jednocześnie jedno koło przednie i znajdujące się po przekątnej pojazdu koło tylne,
b) koła przednie są regulowane pojedynczo, a koła tylne wspólnie. Mówi się wtedy o regulacji *select-low*, to znaczy regulacja dotyczy zawsze tego koła, które jest najbliższe stanu zablokowania. Takie rozwiązanie jest używane najczęściej;
c) regulowane jest ciśnienie hamowania każdego koła osobno (rozwiązanie optymalne, ale i najdroższe).

Wszystkie współczesne układy ABS są wyposażone w samodiagnozowanie i pamięć diagnostyczną. Z chwilą włączenia zapłonu urządzenie sterujące sprawdza siebie i wszystkie współpracujące z nim elementy układu. W razie wykrycia błędu w układzie ABS urządzenie sterujące wyłącza układ i zaczyna się świecić lampka kontrolna. Kierowca otrzymuje informację, że praca układu hamulcowego jest możliwa tylko w zwykłym trybie, bez regulacji ABS.

15.1.2. Czujniki prędkości obrotowej kół

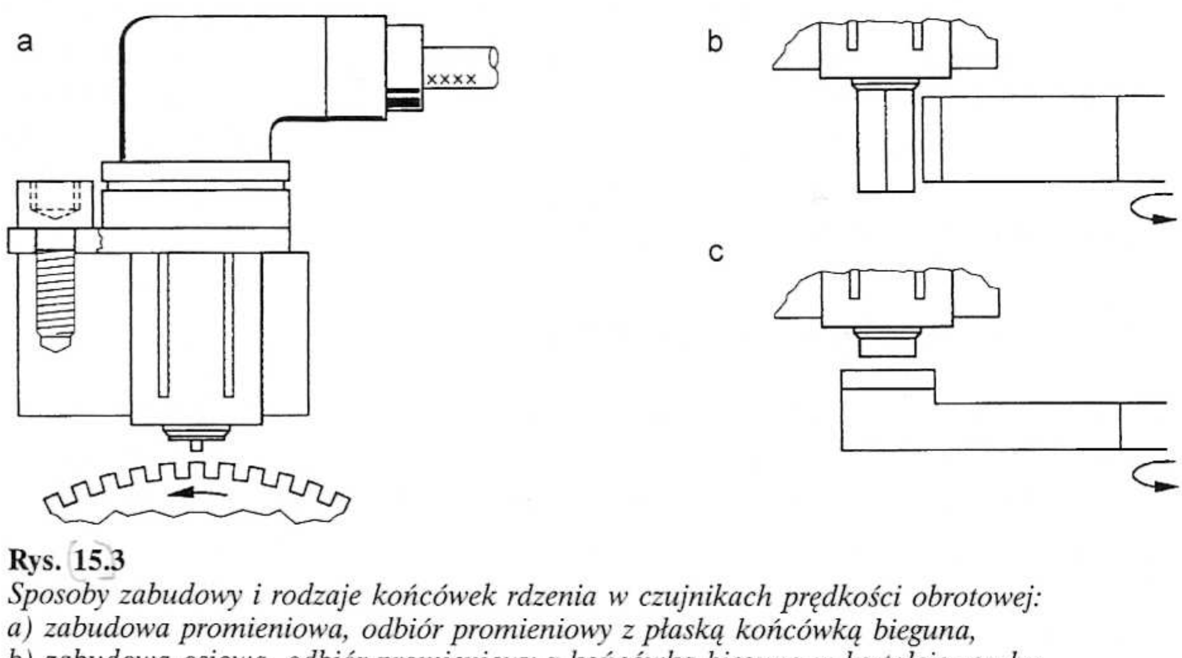
We wszystkich układach ABS zasada działania czujników prędkości obrotowej koła jest w zasadzie taka sama. Istnieją jednak różne ich konstrukcje (rys. 15.2). Wszystkie czujniki indukują napięcie przemienne o sinusoidalnej charakterystyce dzięki obrotom zębatej tarczy impulsowej, sprzężonej z piastą koła (niekiedy także z mechanizmem różnicowym). Częstotliwość napięcia przemiennego jest wprost proporcjonalna do prędkości obrotowej koła. Działanie i sygnały czujników prędkości obrotowej są nieustannie kontrolowane i analizowane po przekroczeniu przez pojazd prędkości ok. 4–6 km/h.



Rys. 15.2
Czujnik prędkości obrotowej (w przekroju):
a) czujnik DF2 z płasko zakończonym rdzeniem,
b) czujnik DF3 z rdzeniem o przekroju okrągłym
1 – przewód elektryczny, 2 – magnes trwały, 3 – obudowa, 4 – cewka, 5 – końcówka bieguna, 6 – tarcza impulsowa

Ruch obrotowy zębatej tarczy impulsowej zmienia pole magnetyczne magnesów trwałych i dzięki temu jest indukowane napięcie przemienne. Może być ono sprawdzone na oscyloskopie. Pomiar współczynnika trwania impulsu jest również wystarczająco dokładny. Czujniki prędkości obrotowej kół mogą być też sprawdzane statycznie przez pomiar rezystancji w celu wykrycia ewentualnych przerw w obwodzie.

W motocyklach czujniki prędkości obrotowej nie mogą być chronione i dlatego nie stosuje się w nich magnesów trwałych. Dopiero w stanie gotowości całego układu przepływa przez nie prąd i tworzy się pole magnetyczne. Dzięki obrotom



Rys. 15.3
Sposoby zabudowy i rodzaje końcówek rdzenia w czujnikach prędkości obrotowej:
a) zabudowa promieniowa, odbiór promieniowy z płaską końcówką bieguna,
b) zabudowa osiowa, odbiór promieniowy z końcówką bieguna w kształcie rombu,
c) zabudowa promieniowa, odbiór osiowy z okrągłą końcówką bieguna

tarczy impulsowej powstaje napięcie przemienne o sinusoidalnej charakterystyce. W celu zlokalizowania ewentualnej usterki należy dodatkowo skontrolować, czy czujnik jest zasilany napięciem przez urządzenie sterujące.

We wszystkich rozwiązaniach układu ABS istotne jest przestrzeganie ustalonego przez producenta odstępu (szczeliny powietrznej) pomiędzy tarczą impulsową i czujnikiem prędkości obrotowej. Szczelina ta wynosi na ogół ok. 1 mm. Ponadto należy zwrócić uwagę, czy tarcza impulsowa i czujnik są dobrze zamocowane i nie powstają zakłócenia w wyniku obluzowania mocowania.

Duże zanieczyszczenia, rdza i wilgotność także mogą powodować zakłócenia. Dotyczy to wszystkich rodzajów czujników.

15.1.3. Układ zamknięty z zaworami elektromagnetycznymi 3/3

Opracowany początkowo przez Boscha układ reguluje ciśnienie hamowania (moduluje ciśnienie) za pomocą zaworów elektromagnetycznych 3/3*. Rysunki 15.4a, b i c ilustrują przebieg regulacji jednego koła.

W stanie spoczynku (bez przepływu prądu) zawór elektromagnetyczny umożliwia swobodne przenoszenie na rozpieracz hydrauliczny hamulca ciśnienia wytworzonego w cylindrze pompy hamulcowej wskutek nacisku na pedał hamulca. Odpowiada to normalnej pracy układu hamulcowego. Ciśnienie płynu hamulcowego rośnie, koło zwalnia. Kiedy poprzez czujnik prędkości obrotowej koła urządzenie sterujące rozpozna zbyt gwałtowne zwalnianie koła względem prędkości odniesienia, wtedy zawór elektromagnetyczny otrzymuje najpierw połowę prądu maksymalnego. Zamyka się dopływ płynu z pompy hamulcowej, co uniemożliwia dalszy wzrost ciśnienia w rozpieraczu hydraulicznym hamulca.

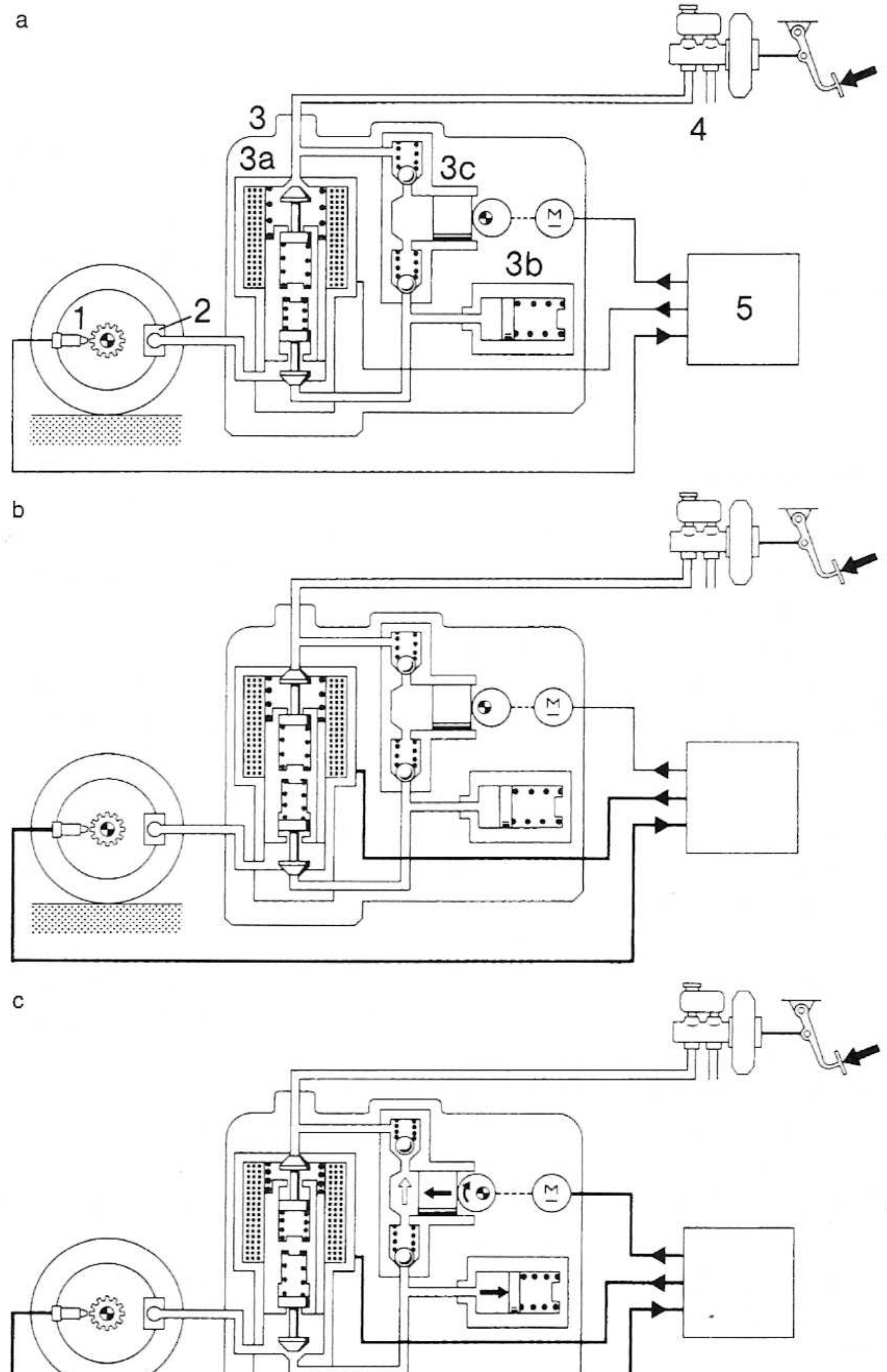
Jeżeli po stanie utrzymywania ciśnienia obroty koła nie zwiększają się albo nadal spadają, to zawór elektromagnetyczny zostaje pobudzony maksymalnym prądem. Dzięki temu koło obraca się swobodnie, a ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca jest absorbowane przez zbiornik wyrównawczy. Teraz koło znowu przyspiesza dzięki sile tarcia o nawierzchnię. Po zbliżeniu się do prędkości odniesienia urządzenie sterujące odcina prąd od zaworu elektromagnetycznego, który wraca do pozycji wyjściowej (tzn. powrót płynu zostaje odcięty, a ciśnienie może swobodnie rosnąć – stan wzrostu ciśnienia). Cały cykl może się zaczynać od nowa.

Aby nie dopuścić do spadku ciśnienia hamowania w cylindrze pompy hamulcowej podczas cyklów regulacji, a także w celu zagwarantowania kompensacji ciśnienia przez zbiornik wyrównawczy, pompa zwrotna tłoczy płyn hamulcowy ze zbiornika do pompy hamulcowej. Działanie to kierowca odczuwa jako pulsowanie pedału hamulca. Jest to także sygnał dla kierowcy, że ABS działa prawidłowo.

Regulowanie ciśnienia hamowania przez urządzenie sterujące i zawory elektromagnetyczne trwa prawie do chwili zatrzymania się pojazdu bądź zwolnienia peda-

---

* Pierwsza cyfra oznacza liczbę przyłączy hydraulicznych, druga – liczbę realizowanych połączeń.



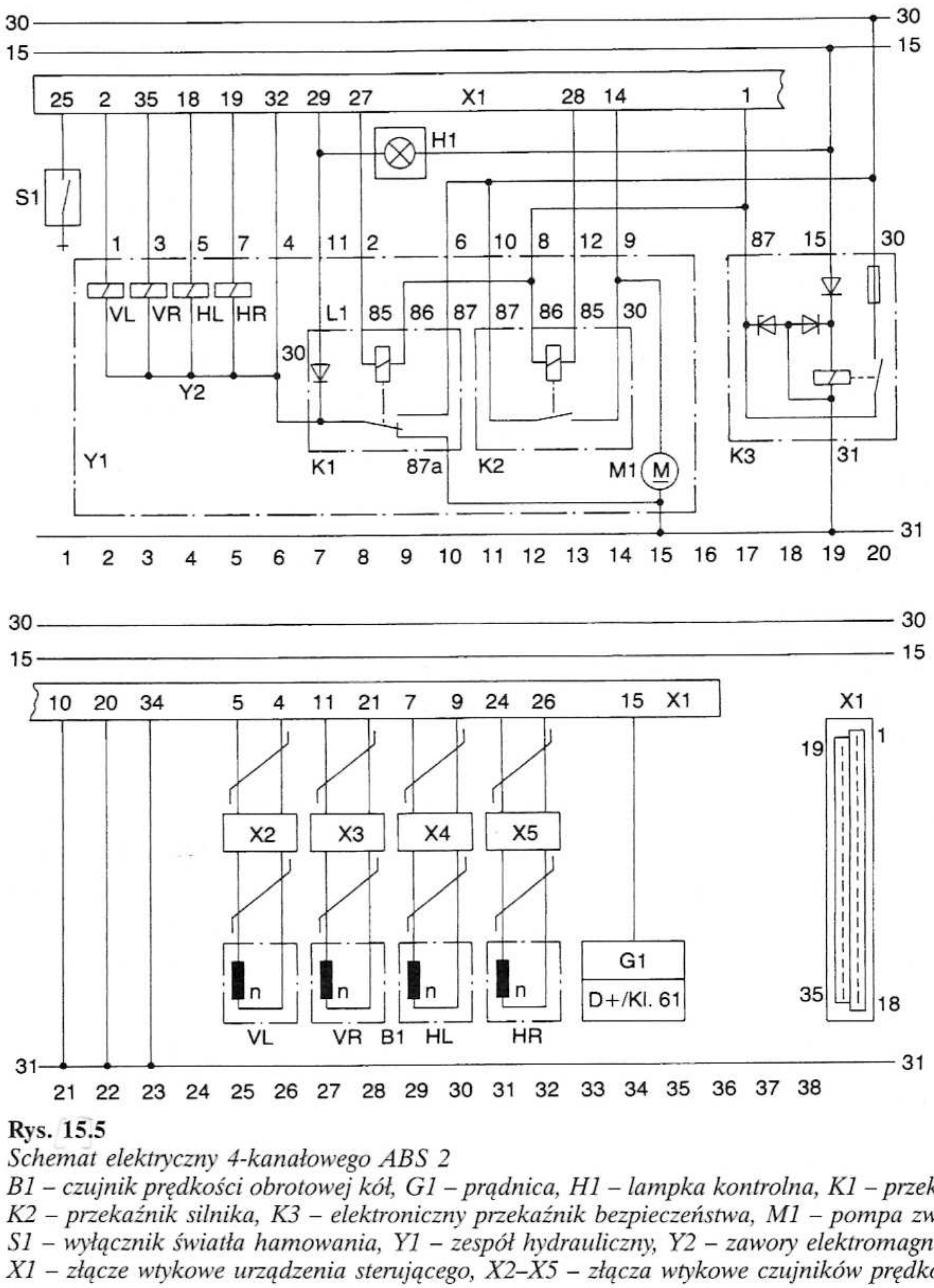
Rys. 15.4
Modulowanie ciśnienia hamowania:
a) zwiększyć ciśnienie, b) utrzymać ciśnienie, c) zmniejszyć ciśnienie
1 – czujnik prędkości obrotowej, 2 – hamulec koła, 3 – zespół hydrauliczny, 3a – zawór elektromagnetyczny, 3b – zasobnik, 3c – pompa zwrotna, 4 – pompa hamulcowa, 5 – urządzenie sterujące

łu hamulca przez kierowcę, co powoduje zmniejszenie ciśnienia hamowania, a tym samym uniknięcie niebezpieczeństwa zablokowania kół.

W razie usterki układu ABS zawory elektromagnetyczne nie są zasilane prądem. Układ hamulcowy może normalnie działać (bez ABS).

Kiedy w zupełnie wyjątkowych okolicznościach, podczas cyklu regulacji, ABS zdiagnozuje usterkę, wtedy regulacja hamowania – jeśli będzie to możliwe – zostanie przeprowadzona do końca.

Na schemacie elektrycznym obwodu (rys. 15.5) pokazano wejścia i wyjścia urządzenia sterującego oraz współpracę poszczególnych elementów układu.



Rys. 15.5

Schemat elektryczny 4-kanałowego ABS 2

B1 – czujnik prędkości obrotowej kół, G1 – prądnica, H1 – lampka kontrolna, K1 – przekaźnik zaworów, K2 – przekaźnik silnika, K3 – elektroniczny przekaźnik bezpieczeństwa, M1 – pompa zwrotna, S1 – wyłącznik światła hamowania, Y1 – zespół hydrauliczny, Y2 – zawory elektromagnetyczne, X1 – złącze wtykowe urządzenia sterującego, X2–X5 – złącza wtykowe czujników prędkości obrotowej

Po włączeniu zapłonu (zacisk 15) zwiera się elektroniczny przekaźnik bezpieczeństwa (K3) i łączy ze sobą zaciski 30 i 87. W ten sposób urządzenie sterujące (styk 1) i obwód prądu sterującego (86) przekaźnika zaworów (K1) są podłączone do dodatniego bieguna akumulatora. Przez styki 10, 20 i 34 urządzenie sterujące ma stałe połączenia z masą.

Poprzez zacisk 15 jest zasilana napięciem również lampka kontrolna ABS (H1). Świeci się ona, dopóki jest połączona przez przekaźnik zaworów przewodem 1 z masą na zacisku 87a albo otrzymuje sygnał masy z urządzenia sterującego (styk 29).

Po dostarczeniu sygnału masy z urządzenia sterującego (styk 27) do zacisku 87 przekaźnika zaworów łączy on przez zacisk 87 zawory elektromagnetyczne z zaciskiem 30. Przez styk 32 w urządzeniu sterującym nadzorowane jest funkcjonowanie przekaźnika zaworów.

Urządzenie sterujące sprawdza przez styk 14 przekaźnik silnika po uruchomieniu go sygnałem masy ze styku 28.

Dzieje się tak, jeżeli podczas regulacji ABS pompa zwrotna otrzyma impuls z dodatniego bieguna akumulatora. Wówczas urządzenie sterujące uruchamia także sygnałem masy (ujemnym) zawory elektromagnetyczne.

Wszystko to zależy od częstotliwości napięcia przemiennego czujników prędkości obrotowej kół (B1).

Wejście z włącznika świateł hamowania służy jako dodatkowe zabezpieczenie, podobnie jak informacja „silnik pracuje" z zacisku 61 prądnicy. Lampka kontrolna gaśnie dopiero przy pracującym silniku i sprawnej prądnicy (regulacja ABS powoduje duży pobór prądu).

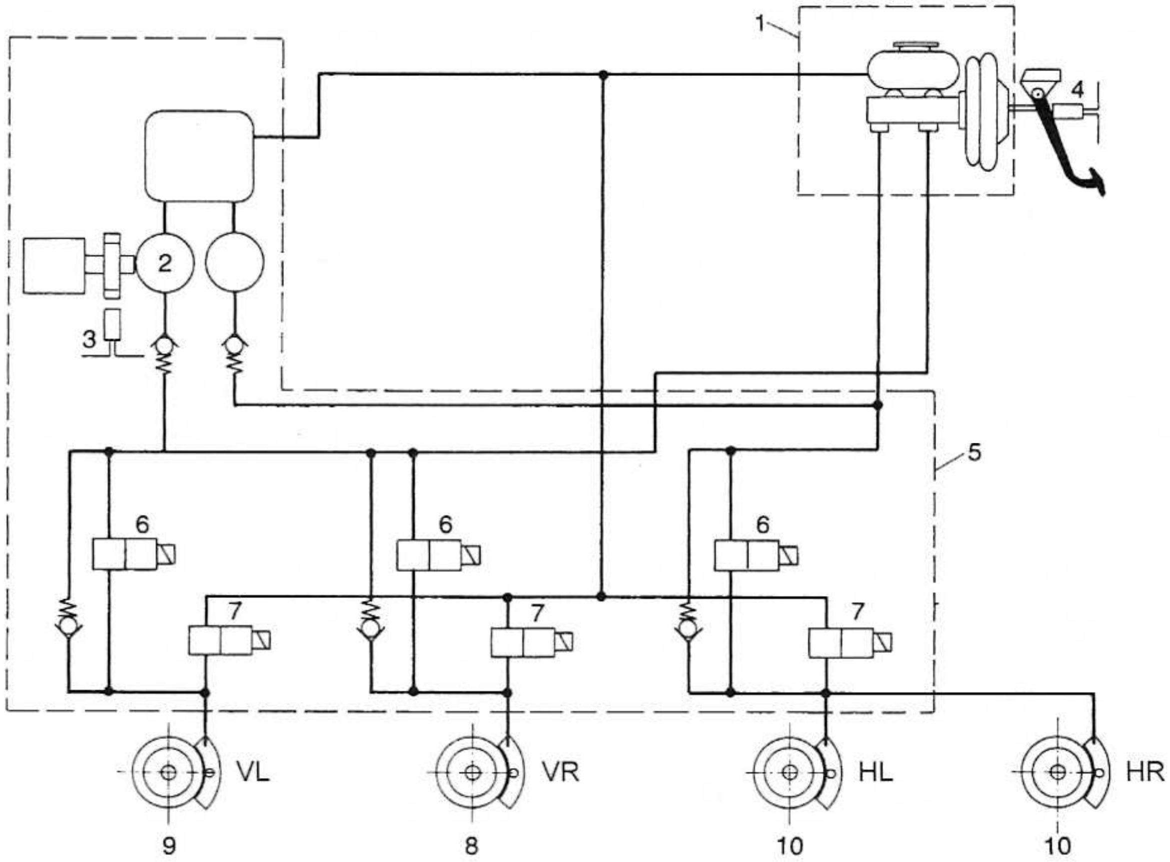
15.1.4. Układ otwarty z zaworami elektromagnetycznymi 2/2

Opracowany początkowo przez firmę Teves układ przeciwblokujący charakteryzował się tym, że był to tzw. układ otwarty. Do modulacji ciśnienia hamowania używane były każdorazowo dwa zawory elektromagnetyczne 2/2; jeden wlotowy i jeden wylotowy (rys. 15.6).

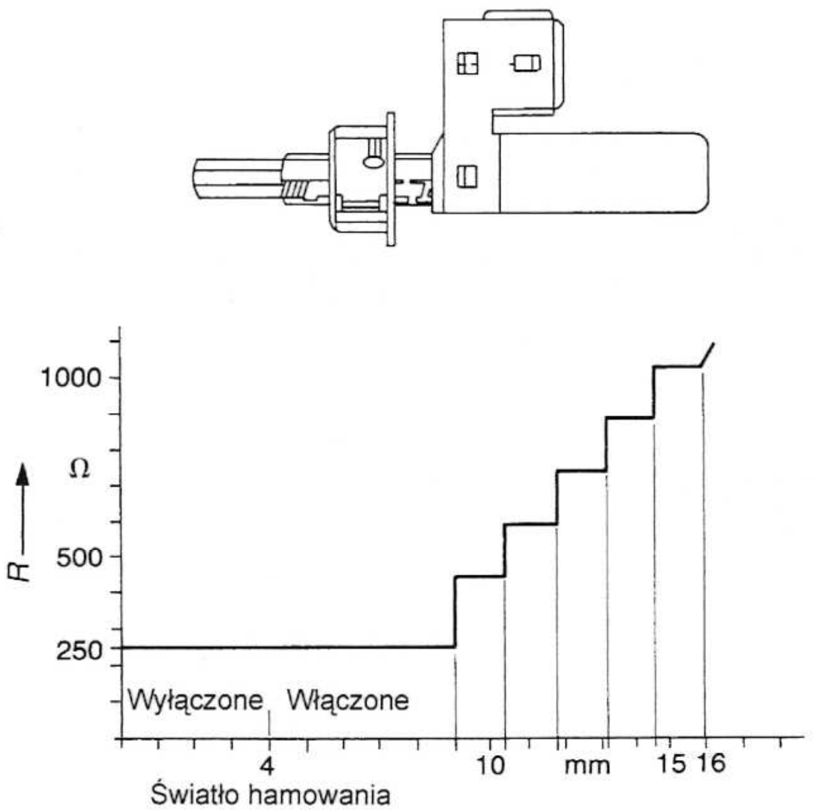
Zawory wlotowe przy braku przepływu przez nie prądu są otwarte. Układ hamulcowy działa wówczas normalnie. Zawory wylotowe przy braku przepływu przez nie prądu są zamknięte, a tym samym odcinają obieg powrotny płynu hamulcowego. Kiedy przy zbyt dużym spadku prędkości obrotowej koła podczas hamowania staje się konieczna regulacja ABS, wtedy najpierw zostaje zasilony prądem odpowiedni zawór wlotowy, który się zamyka. Ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca nie zwiększa się.

Jeżeli ciśnienie jest mimo to za duże, zostaje uruchomiony także zawór wylotowy, który się otwiera. Ciśnienie jest absorbowane przez zbiornik wyrównawczy w pompie hamulcowej.

Prędkość obrotowa koła znowu rośnie. Dopływ prądu do obu zaworów zostaje przerwany (zawór wlotowy otwarty, wylotowy zamknięty). Ciśnienie hamowania może znowu rosnąć. Dzięki precyzyjnie określonemu, impulsowemu zasilaniu zaworów prądem (taktowanie) osiąga się prawie bezstopniową modulację ciśnienia.



Rys. 15.6
Schemat układu hamulcowego (pedał hamulca w spoczynku)
1 – podciśnieniowe wspomaganie hamulców z pompą hamulcową typu tandem, 2 – zespół pompy ABS, 3 – czujnik silnika pompy, 4 – czujnik położenia pedału hamulca, 5 – zespół hydrauliczny Mark IV, 6 – zawór wlotowy, 7 – zawór wylotowy, 8 – przedni lewy hamulec, 9 – przedni prawy hamulec, 10 – tylny lewy/prawy hamulec



Rys. 15.7
Wielostopniowy czujnik położenia pedału

Układ taki nazywa się otwartym, ponieważ podczas zmniejszania ciśnienia płyn hamulcowy jest kierowany do zbiornika wyrównawczego.

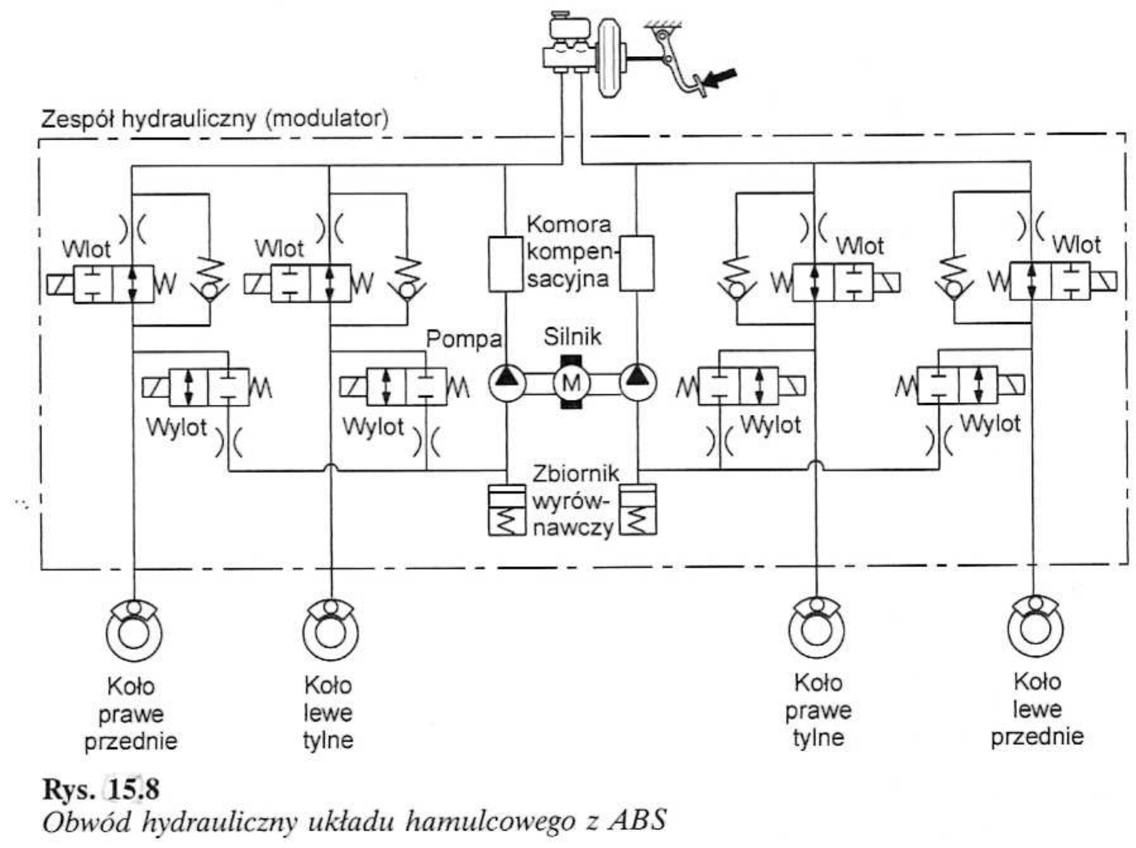
W celu niedopuszczenia do zbyt głębokiego „wpadania" pedału podczas długiej regulacji hamowania i częstych spadków ciśnienia, urządzenie sterujące uruchamia pompę hydrauliczną, która tłoczy płyn hamulcowy ze zbiornika wyrównawczego do cylindra pompy hamulcowej. Sygnał uruchomienia pompy urządzenie sterujące otrzymuje z czujnika położenia pedału hamulca (rys. 15.7)

W zależności od ruchu pedału, czujnik położenia pedału hamulca powoduje skokowy wzrost rezystancji. Dzięki wywołanemu tym spadkowi napięcia urządzenie sterujące rozpoznaje położenie lub wychylenie pedału. Pompa hydrauliczna może być tak długo włączona, aż pedał powróci do położenia początkowego.

W tego rodzaju układzie rola pompy jest bardzo istotna i dlatego jest ona nadzorowana przez czujnik prędkości obrotowej. Po włączeniu zapłonu i ruszeniu z miejsca, podczas automatycznego testu układu ABS, pompa zostaje kontrolnie, na krótko uruchomiona.

15.1.5. Układ zamknięty z zaworami elektromagnetycznymi 2/2

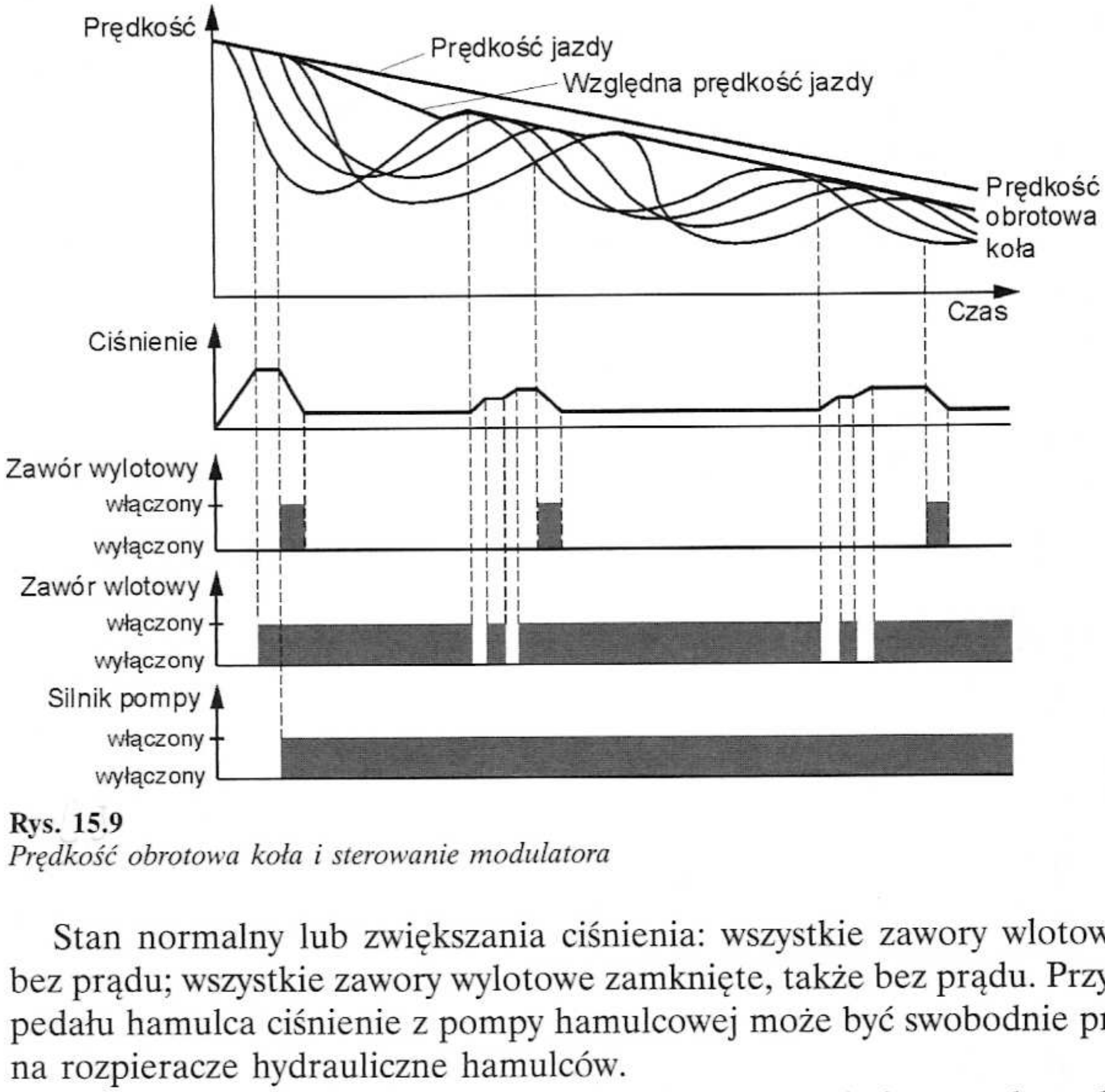
Po wygaśnięciu różnych form ochrony patentowej producenci coraz bardziej preferują zamknięty układ przeciwblokujący z zaworami elektromagnetycznymi 2/2. Łączy on w sobie zalety obu wcześniej opisanych układów: szybkie, precyzyjnie zaprogramowane modulowanie ciśnienia hamowania za pomocą wlotowych i wylotowych zaworów elektromagnetycznych 2/2 w każdym hamulcu koła. W tym roz-



Rys. 15.8
Obwód hydrauliczny układu hamulcowego z ABS

wiązaniu nie ma ubytków płynu hamulcowego z poddanego ciśnieniu obwodu hydraulicznego na skutek regulacji ABS.

Na rysunku 15.8 pokazano obwód hydrauliczny zamkniętego, czterokanałowego układu przeciwblokującego o przekątnym rozłożeniu obwodów hamulcowych, z zaworami elektromagnetycznymi 2/2. Sterowanie zaworami elektromagnetycznymi w celu zwiększenia, utrzymania lub zmniejszenia ciśnienia podczas regulacji ABS jest takie samo, jak w opisanym wyżej układzie.



Rys. 15.9
Prędkość obrotowa koła i sterowanie modulatora

Stan normalny lub zwiększania ciśnienia: wszystkie zawory wlotowe otwarte, bez prądu; wszystkie zawory wylotowe zamknięte, także bez prądu. Przy wciskaniu pedału hamulca ciśnienie z pompy hamulcowej może być swobodnie przenoszone na rozpieracze hydrauliczne hamulców.

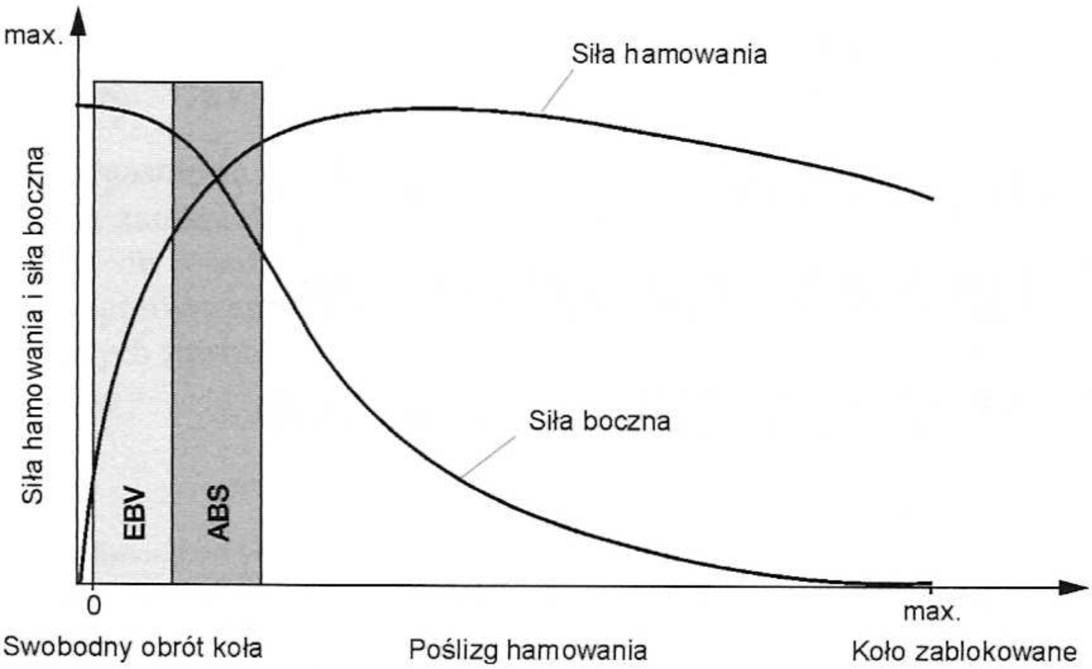
Stan utrzymywania ciśnienia: zawór wlotowy zamknięty, pod prądem; zawór wylotowy zamknięty, bez prądu. Ciśnienie płynu hamulcowego w rozpieraczu hydraulicznym odpowiedniego hamulca pozostaje na niezmienionym poziomie.

Stan zmniejszania ciśnienia: zawór wlotowy zamknięty, pod prądem; zawór wylotowy otwarty, pod prądem. Ciśnienie jest absorbowane poprzez zawór wylotowy do zbiornika wyrównawczego.

Pompa zwrotna rozpoczyna pracę kiedy w którymś z rozpieraczy hydraulicznych hamulca należy zmniejszyć ciśnienie. Płyn hamulcowy jest odprowadzany ze zbiornika wyrównawczego, poprzez komorę kompensacyjną do pompy hamulcowej. Pompa przestaje pracować dopiero wtedy, kiedy nie jest już konieczna regulacja.

Podczas regulacji ABS następuje precyzyjnie taktowana modulacja ciśnienia przez krótkie włączanie i wyłączanie zaworów elektromagnetycznych. Ciśnienie jest każdorazowo lekko zwiększane albo zmniejszane. Wykresy rzeczywistego przebiegu regulacji jednego rozpieracza hydraulicznego hamulca pokazano na rysunku 15.9.

Zawór wlotowy (pod prądem) jest zamknięty w celu utrzymania ciśnienia i niedopuszczenia do jego dalszego wzrostu, ponieważ prędkość obrotowa koła zmniejsza się dużo szybciej niż prędkość jazdy. Jeżeli prędkość obrotowa koła nadal się zmniejsza, musi zostać na krótko otwarty zawór wylotowy w celu nieznacznego zmniejszenia ciśnienia. Silnik pompy zaczyna pracować. Dzięki niewielkiemu ciśnieniu i zmniejszonej skuteczności hamowania, prędkość obrotowa koła zbliża się znowu do odpowiadającej jej prędkości jazdy. Ciśnienie może być ponownie zwiększone. W tym celu zawór wlotowy zostaje na krótko otwarty (bez prądu). Na pokazanym przykładzie zawór wlotowy będzie za chwilę znowu otwarty, ponieważ ciśnienie może jeszcze wzrosnąć. Potem zostanie na krótko otwarty zawór wylotowy i tak dalej.



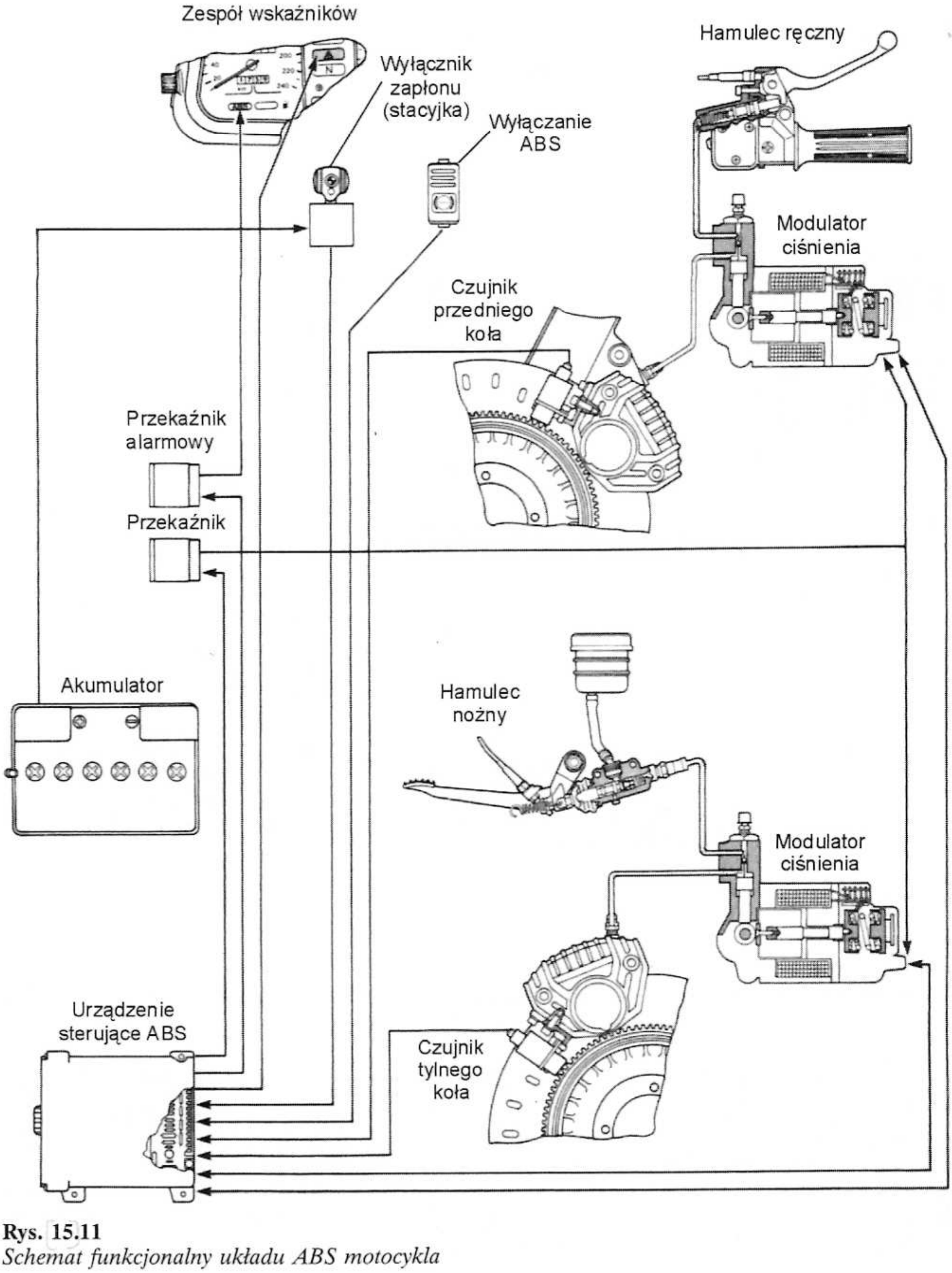
Rys. 15.10
Zakres stosowania regulacji EBV

Możliwość przeprowadzania precyzyjnej modulacji ciśnienia jest wykorzystywana także przy realizacji funkcji elektronicznego rozdziału siły hamowania (EBV). Jest ona stosowana, jeżeli przy niezbyt intensywnym hamowaniu poślizg tylnych kół jest zbyt duży i powoduje konieczność regulacji ABS. Na rysunku 15.10 przedstawiono zakres działania elektronicznego rozdziału siły hamowania.

Dzięki elektronice układu ABS rozdział siły hamowania może być każdorazowo precyzyjnie dopasowany do obciążenia pojazdu, co umożliwia uzyskanie możliwie jak najlepszej stabilności jazdy. Nie jest już niezbędny mechaniczny korektor siły hamowania ani zawór zmniejszający ciśnienie w hamulcach kół tylnych i dlatego nie występują one w takim układzie hamulcowym.

15.1.6. ABS w motocyklach

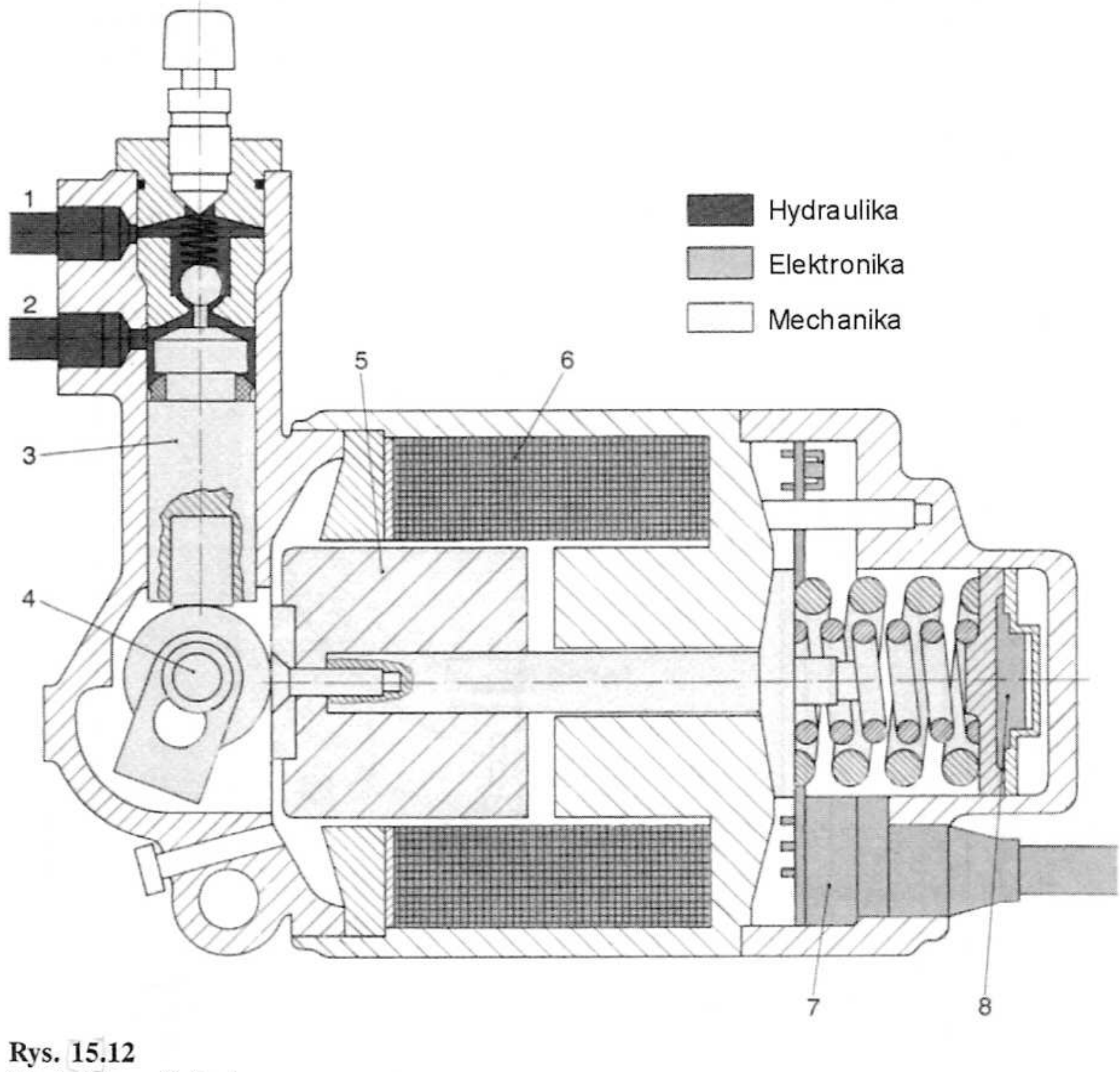
Pierwszy układ przeciwblokujący w motocyklu zastosowano w końcu lat osiemdziesiątych. Miał on kilka rozwiązań specyficznych tylko dla jednośladów. Konstrukcja pojazdu prawie uniemożliwiała umieszczenie dodatkowych podzespo-



Rys. 15.11
Schemat funkcjonalny układu ABS motocykla

łów, gdyż nie było dla nich miejsca. Należało także mieć na uwadze masę motocykla i położenie środka masy. Ponadto hamulec ręczny na przednie koło i nożny na tylne były od siebie zupełnie niezależne. Zablokowanie jednego koła w motocyklu niechybnie prowadzi u przeciętnego kierowcy do wywrotki. Stąd też są konieczne najwyższe wymagania wobec regulacji i jej niezawodności. Regulacja odbywa się aż do najmniejszej prędkości odniesienia pojazdu, wynoszącej ok. 2,5 km/h.

Dlatego początkowo wybrano inną drogę modulacji ciśnienia hamowania. Rysunek 15.11 przedstawia schemat funkcjonalny takiego układu.

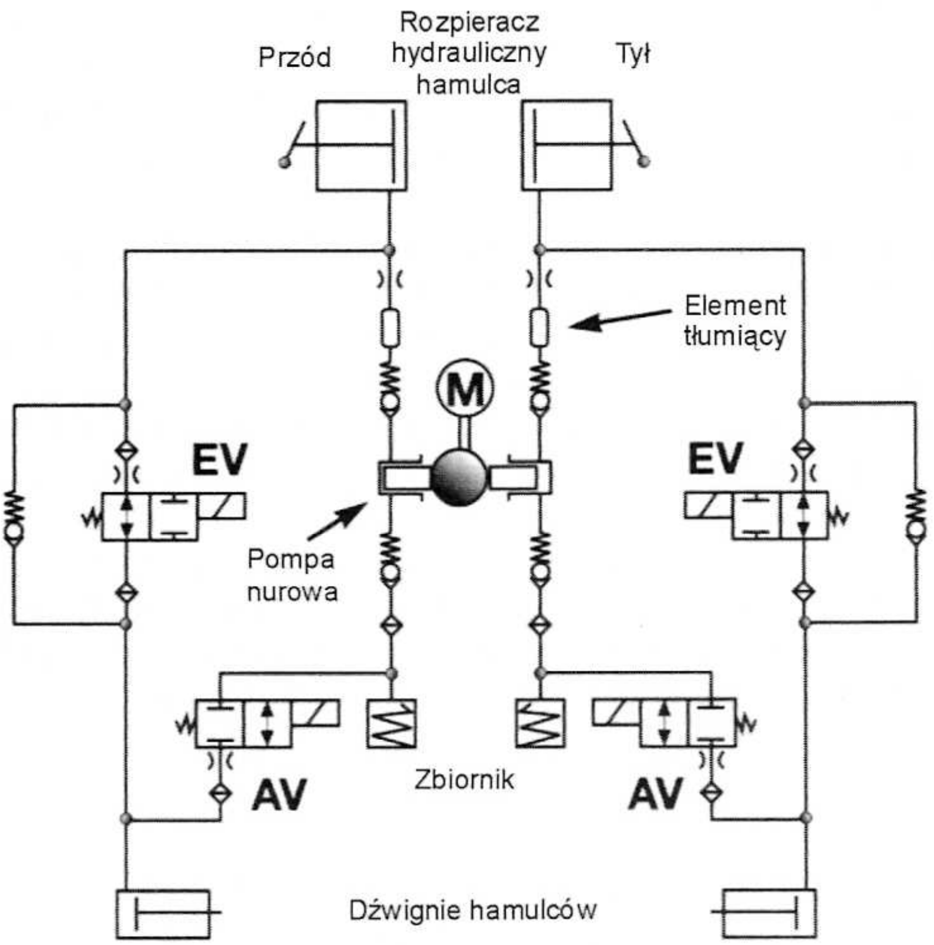


Rys. 15.12
Modulator ciśnienia
1 – wlot z pompy hamulcowej, 2 – wylot do hamulca, 3 – tłok sterujący, 4 – krążek zwrotny, 5 – tłok regulacyjny, 6 – uzwojenie elektromagnesu, 7 – przewód zasilający, 8 – element piezoelektryczny

Podczas regulacji ABS uzwojenie elektromagnesu w modulatorze ciśnienia (rys. 15.12) jest zasilane prądem (do 25 A) i powstałe pole magnetyczne przyciąga tłok regulacyjny, pokonując opór sprężyny. Po krążku zwrotnym tłok sterujący przesuwa się w dół i powiększa przestrzeń dla płynu hamulcowego w rozpieraczu hydraulicznym hamulca. Stalowa kulka zamyka wlot od strony pompy hamulcowej. Jeżeli prędkość obrotowa koła znowu wzrasta, wówczas uzwojenie zostaje

pozbawione prądu i tłok regulacyjny jest wyciskany do góry przez sprężynę, przez co wzrasta ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca.

Na dźwigni hamulca nie odczuwa się pulsowania, gdyż podczas regulacji stalowa kulka zamyka dopływ płynu od strony pompy hamulcowej. Funkcja modulacji ciśnienia jest nadzorowana przez element piezoelektryczny. Kiedy uzwojenie jest pod prądem, wtedy tłok regulacyjny naciska za pomocą wewnętrznej sprężyny na element piezoelektryczny, który wysyła do urządzenia sterującego sygnał napięcia. W taki sam sposób jest sprawdzane działanie układu podczas automatycznego testu. Usterki w układzie sygnalizują dwie pulsujące lampki kontrolne. Układ ma samodiagnozowanie i pamięć diagnostyczną, której zawartość można odczytać i przeanalizować za pomocą testera.



Rys. 15.13
Obieg hydrauliczny

W zakresie modulacji ciśnienia hamowania przez zawory elektromagnetyczne 2/2 i działania zespołu hydraulicznego najnowsze układy motocyklowe są bardzo zbliżone do układów w samochodach osobowych. Rysunek 15.13 przedstawia obieg hydrauliczny, zawierający po jednym zaworze wlotowym i wylotowym na obwód hamulcowy. Regulacja następuje przez otwieranie i zamykanie zaworów, analogicznie jak w samochodzie osobowym.

Także pomiar i analizowanie prędkości obrotowej koła i innych danych są identyczne. Różnica polega tylko na osobnych obwodach hamulcowych dla przedniego i tylnego koła. Również istnienie wyłącznika ABS w celu świadomego odłączenia systemu jest specyficzne tylko dla motocykli.

15.2. Układ przeciwpoślizgowy (ASR)

Odwrotnością układu przeciwblokującego jest układ regulacji poślizgu kół napędowych (ASR). Uniemożliwia on ślizganie się kół podczas przyspieszania, a tym samym utratę stabilności.

Regulacja poślizgu kół napędowych opiera się także na czujnikach prędkości obrotowej kół. Układy ASR i ABS mają wiele wspólnych elementów i podzespołów. Tworzą jedną całość i działają pod nadzorem jednego urządzenia sterującego. Znany już z opisu układu ABS zespól hydrauliczny po niewielkich modyfikacjach jest wykorzystywany przez oba układy, jeżeli układ ASR wykorzystuje hamulce samochodu.

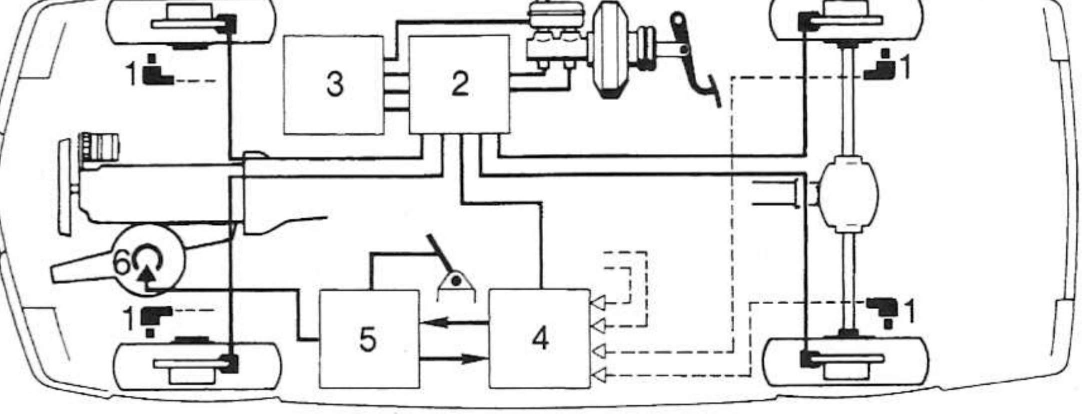
Z punktu widzenia sposobu reakcji urządzenia sterującego ASR istnieją w zasadzie trzy sposoby przeciwdziałania poślizgowi kół napędowych. Uszeregowano je według szybkości pożądanej reakcji:

a) **wykorzystanie hamulców:** jedno lub więcej kół napędowych, które utraciły przyczepność są hamowane dzięki zwiększeniu ciśnienia w rozpieraczu hydraulicznym hamulca tego koła, względnie tych kół;

b) **odłączenie zapłonu i wtrysku:** urządzenie sterujące Motronic najpierw przestawia zapłon na późniejszy. Jeżeli w wyniku opóźnienia zapłonu zmniejszenie momentu obrotowego jest zbyt małe, następuje chwilowe odcięcie zapłonu (w celu ochrony katalizatora jednocześnie jest blokowany wtrysk paliwa);

c) **wykorzystanie przepustnicy:** silnik nastawczy zamyka przepustnicę wbrew żądaniu kierowcy. Może to być dokonane zarówno w ramach elektronicznej regulacji mocy silnika (EMS) za pomocą specjalnego silnika nastawczego albo z wykorzystaniem drugiej przepustnicy, znajdującej się przed przepustnicą główną.

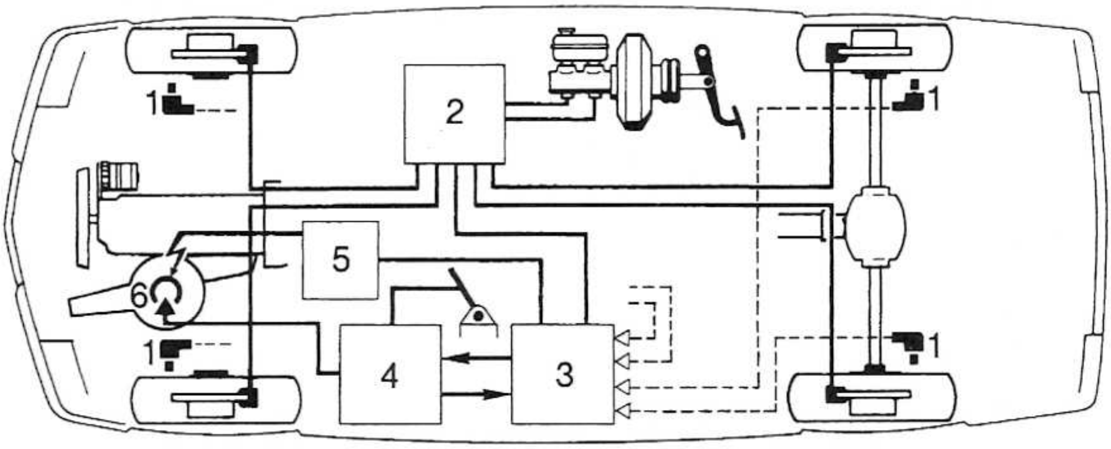
Zależnie od producenta i rozwiązania istnieją także układy, które wykorzystują wszystkie trzy sposoby regulacji poślizgu kół napędowych. Odpowiednio do zaprogramowanych progów regulacji i stosownie do sytuacji, każdy z podanych sposo-



Rys. 15.14
Regulacja ASR z udziałem przepustnicy i hamulców
1 – czujnik prędkości obrotowej koła, 2 – zespół hydrauliczny ABS, 3 – zespół hydrauliczny ASR, 4 – urządzenie sterujące ABS/ASR, 5 – urządzenie sterujące EMS, 6 – przepustnica

bów może być wykorzystywany osobno lub w odpowiedniej kombinacji z pozostałymi. Istnieją też układy ASR nie wykorzystujące hamulców lub nie odłączające zapłonu i wtrysku (porównaj rysunki 15.14 i 15.15).

Często, w połączeniu z układem ASR jest montowany układ regulacji momentu napędowego silnika (MSR). Kiedy na śliskiej nawierzchni z powodu nagłego puszczenia pedału przyspieszenia lub zredukowania biegu albo na skutek momentu hamowania silnikiem koła znacznie zmniejszają prędkość obrotową, wtedy nastę-



Rys. 15.15
Regulacja ASR z udziałem przepustnicy i urządzenia sterującego układu wtryskowo zapłonowego Bosch Motronic
1 – czujnik prędkości obrotowej koła, 2 – zespół hydrauliczny ABS, 3 – urządzenie sterujące ABS/ASR, 4 – urządzenie sterujące EMS, 5 – urządzenie sterujące Motronic, 6 – przepustnica

puje zbyt duży poślizg. Dla utrzymania stabilności jazdy układ MSR wywoła wówczas niewielkie dodanie „gazu" (czyli zwiększenie momentu obrotowego).

Może to nastąpić za pomocą nastawnika prędkości obrotowej biegu jałowego lub silnika nastawczego w układzie elektronicznej regulacji mocy silnika. Jednocześnie, w celu zwiększenia momentu obrotowego silnika, układ Motronic przyspiesza zapłon.

15.2.1. Układ przeciwpoślizgowy z zaworami elektromagnetycznymi 3/3

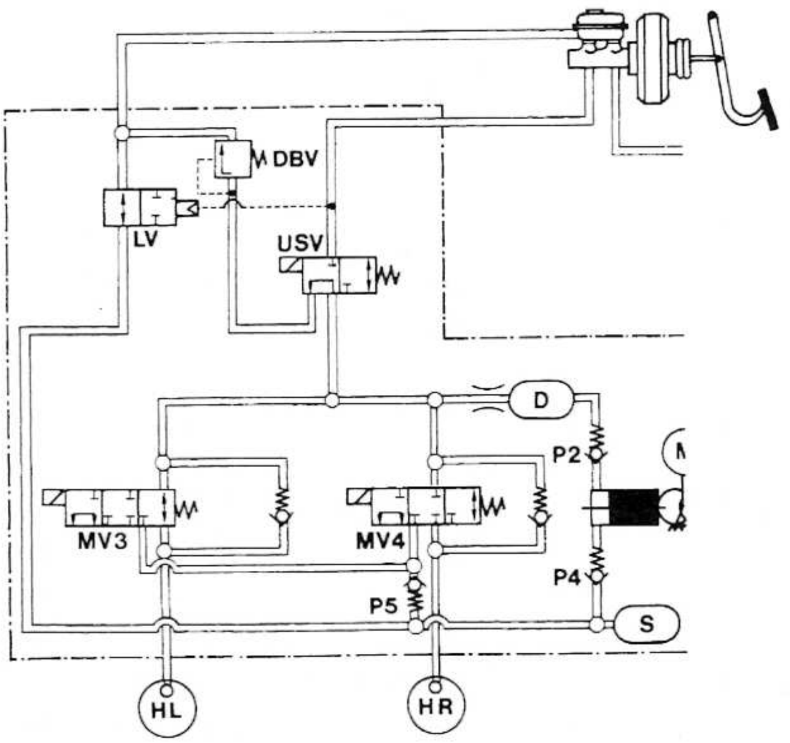
Dla umożliwienia wykorzystania hamulców w regulacji (ASR) rozbudowano zespół hydrauliczny Boscha o zawór rozdzielczy (USV), zawór napełniający (LV) i zawór ograniczający ciśnienie (DBV). Zawór rozdzielczy jest zaworem elektromagnetycznym 3/2, zawór ograniczający ciśnienie mechanicznym zaworem ze sprężyną, a zawór napełniający działa pod wpływem ciśnienia w układzie hamulcowym (rys. 15.16).

Dodatkowo zamontowano przewód od zbiornika płynu hamulcowego do króćca zasysającego pompy zwrotnej w celu jej zasilania płynem hamulcowym.

Kiedy urządzenie sterujące poprzez czujnik rozpoznaje zmianę prędkości obrotowej koła, która jest na tyle duża, że jest konieczne jej zmniejszenie, wtedy zostają

uaktywnione: zawór rozdzielczy, zawór elektromagnetyczny rozpieracza hydraulicznego hamulca w kole wymagającym hamowania oraz pompa zwrotna.

Zawór rozdzielczy zamyka płynowi drogę powrotną do pompy hamulcowej (zawór ograniczający ciśnienie otwiera się dopiero przy ok. 7 mPa). Pompa zwrotna, poprzez przewód z otwartym zaworem napełniającym, zasysa płyn hamulcowy ze zbiornika głównego i dzięki otwartemu (bez prądu) zaworowi elektromagnetycznemu zwiększa ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca. Zawór elektromagnetyczny na nieregulowanym kole znajduje się pod prądem, a więc jest zamknięty, co oznacza, że w obwodzie tego koła nie następuje wzrost ciśnienia.



Rys. 15.16
Zwiększanie ciśnienia
DBV – zawór ograniczający ciśnienie, LV – zawór napełniający, USV – zawór rozdzielczy, MV3 – zawór elektromagnetyczny dla hamulca lewego tylnego koła, MV4 – zawór elektromagnetyczny dla hamulca prawego tylnego koła, P2, P4, P5 – mechaniczne zawory przelewowe, S – akumulator ciśnienia

Kiedy regulowane koło zostanie dostatecznie zahamowane dzięki wzrostowi ciśnienia w rozpieraczu hydraulicznym hamulca, wtedy do jego zaworu elektromagnetycznego dopływa połowa prądu maksymalnego i zawór się zamyka. Ciśnienie pozostaje na niezmienionym poziomie. W celu zmniejszenia ciśnienia zawór elektromagnetyczny zostaje zasilony maksymalnym prądem i droga powrotna płynu jest otwarta.

Taka regulacja jest powtarzana (podobnie jak w regulacji ABS) dla każdego koła osobno tak długo, aż żadne z kół nie wykaże zbyt dużego poślizgu, bądź dopóki nie zostanie użyty pedał hamulca.

Po zarejestrowaniu przez urządzenie sterujące użycia hamulców (na podstawie sygnału z włącznika świateł hamowania) wszystkie zawory elektromagnetyczne zostają pozbawione napięcia. Dzięki temu normalna funkcja układu hamulcowego może być natychmiast wykorzystana. Udział hamulców w regulacji ASR jest wykorzystywany do prędkości pojazdu wynoszącej 80 km/h.

Drugim sposobem wykorzystywanym przez układ ASR jest **ingerencja w zapłon.** Urządzenie sterujące Motronic trzema przewodami sygnalizacyjnymi otrzy-

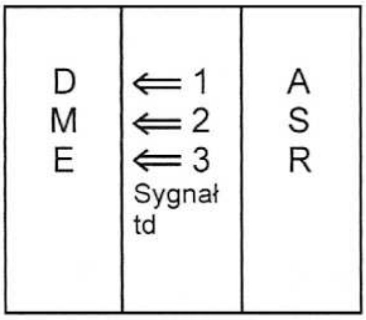
muje informacje z urządzenia sterującego ASR o zakresie koniecznej ingerencji, w zależności od prędkości obrotowej silnika. Dodatkowo urządzenie sterujące Motronic jest informowane o regulacji z udziałem przepustnicy (rys. 15.17).

Na podstawie informacji, którymi z przewodów jest przesyłany sygnał, a które nie są aktywne, Motronic rozpoznaje, jakie działania muszą być podjęte, a jakie funkcje programu zaniechane (np. hamowanie silnikiem lub zmiana prędkości obrotowej biegu jałowego podczas regulacji ASR). Sygnałami są krótkie impulsy elektryczne, trwające mniej niż dwie sekundy.

Dla praktyki warsztatowej oznacza to, że należy jedynie sprawdzić, czy odpowiednie przewody przewodzą prąd i są dobrze izolowane. Symulacja regulacji i jednoczesny pomiar praktycznie nie są możliwe, ale też nie jest to konieczne.

Regulacja **z wykorzystaniem przepustnicy** jest trzecim sposobem regulacji ASR. Czas reakcji jest przy tym najdłuższy, albo inaczej – reakcja jest najwolniejsza. Przy małych różnicach prędkości obrotowej jest to wystarczające, a metoda najbardziej komfortowa. Dla tego sposobu regulacji istnieją obecnie trzy możliwości.

Pierwsza z nich to ingerencja przez elektroniczne sterowanie mocą silnika EMS („elektroniczny pedał gazu"). W tym rozwiązaniu nie ma żadnego połączenia mechanicznego pomiędzy pedałem przyspieszenia i przepustnicą. Położenie peda-

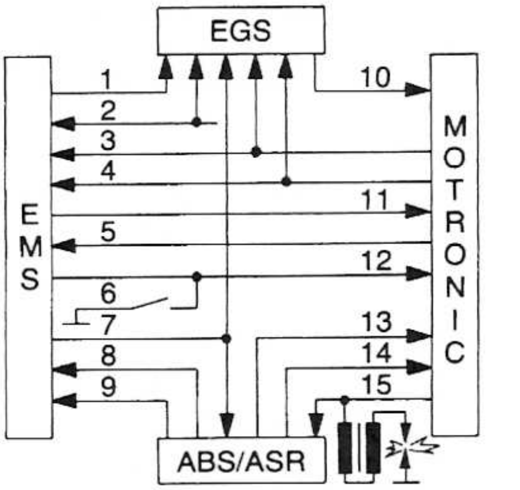


Rys. 15.17
Powiązanie urządzeń sterujących

łu przyspieszenia jest rozpoznawane przez potencjometr (patrz czujnik położenia pedału przyspieszenia w rozdz. 13.6) i przekazywane do urządzenia sterującego EMS. Odpowiednio do otrzymanych danych, zgodnie z zaprogramowanymi wielkościami wzorcowymi, urządzenie to steruje przepustnicą za pomocą silnika nastawczego. Komendy z urządzenia sterującego ASR dotyczące przymknięcia lub otwarcia przepustnicy (MSR) urządzenie sterujące EMS przetwarza w pierwszej kolejności. Informacja zwrotna do urządzenia sterującego ASR dotyczy położenia przepustnicy.

Przegląd interfejsów pomiędzy układami i współpracę poszczególnych urządzeń sterujących, łącznie z elektronicznym sterowaniem skrzynki przekładniowej, pokazano na rysunku 15.18. Do przekazywania danych służy wspólna magistrala transmisji szeregowej (porównaj rozdział 19).

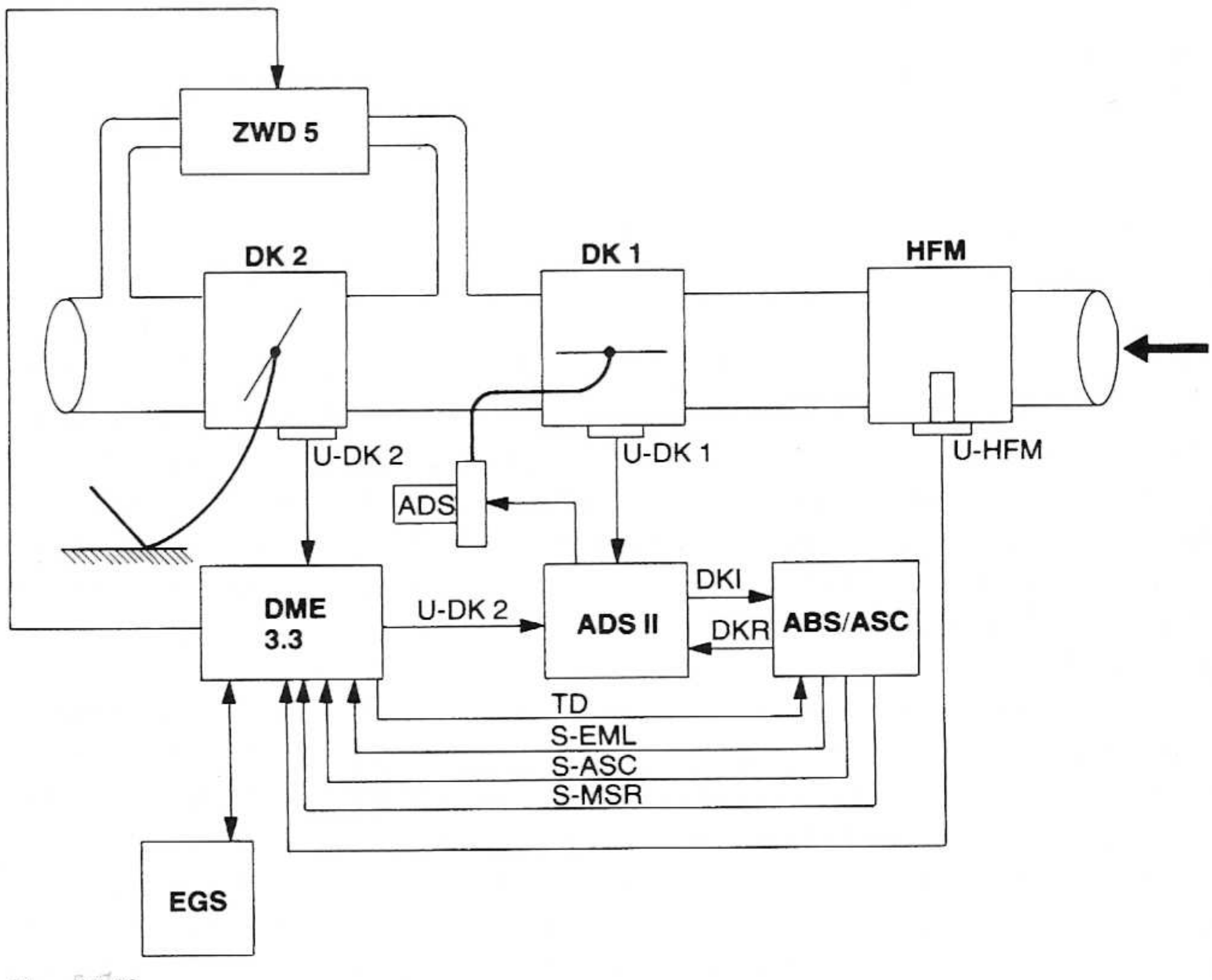
W drugim rozwiązaniu z udziałem przepustnicy jest zamontowany silnik nastawczy służący do zamykania przepustnicy, która jest połączona sprężyną z cięgłem elastycznym pedału przyspieszenia. Silnik nastawczy może przezwyciężyć siłę sprężyny i pomimo wciśnięcia pedału zamknąć przepustnicę.



Rys. 15.18
Przegląd interfejsów:
urządzenie sterujące EGS (elektrohydrauliczne sterowanie skrzynki przekładniowej), urządzenie sterujące EMS, urządzenie sterujące ABS/ARS, urządzenie sterujące Motronic
1 – kickdown, 2 – ustawienia programu jazdy, 3 – chwila zapłonu, 4 – chwila i czas wtrysku, 5 – temperatura silnika, 6 – włącznik świateł hamowania/czujnik pedału jazdy, 7 – położenie przepustnicy, 8/9 – przymykanie/otwieranie przepustnicy, 10 – ingerencja w pracę silnika, 11 – zestyk pełnego obciążenia, 12 – zestyk biegu jałowego (hamowanie silnikiem), 13 – wzbogacanie podczas biegu jałowego (bez hamowania silnikiem), 14 – odłączanie zapłonu

Silnik nastawczy jest włączany przez urządzenie sterujące ASR za pomocą przekaźnika. Informacja o położeniu przepustnicy trafia do urządzenia sterującego za pomocą jej potencjometru, a działanie silnika nastawczego poprzez czujnik.

Kierowca rozpoznaje wykorzystanie przepustnicy w regulacji ASR w postaci zwiększonego oporu pedału przyspieszenia. W celu usunięcia tej niedogodności wbudowuje się drugą przepustnicę, zwaną przepustnicą wstępną, umieszczoną przed przepustnicą główną (rys. 15.19).



Rys. 15.19
Regulacja z udziałem przepustnicy, współdziałanie układów

Przepustnica wstępna (DK 1) w położeniu neutralnym pozostaje otwarta pod naciskiem sprężyny. Dopiero podczas regulacji ASR jest zamykana przez silnik nastawczy (ADS).

Urządzenie sterujące ADS-II otrzymuje z potencjometru informację zwrotną o położeniu przepustnicy wstępnej. Z urządzenia sterującego Motronic za pomocą modulowanego impulsowo sygnału urządzenie sterujące ADS-II odbiera informacje o ustawieniu głównej przepustnicy (DK 2). Na tej podstawie urządzenie sterujące ADS-II ustala rzeczywiste położenie obu przepustnic (DKI) i przekazuje tę informację, także w postaci modulowanego impulsowo sygnału, do urządzenia sterującego ASR. Gdy rzeczywiste położenie obu przepustnic wykracza poza wartości obliczone przez urządzenie sterujące ASR, wówczas jest wysyłany sygnał do urządzenia sterującego ADS-II w celu jeszcze większego przymknięcia przepustnic (DKR).

Wtedy urządzenie sterujące ADS-II, na podstawie wartości obliczonych w urządzeniu sterującym ASR i informacji z urządzenia sterującego Motronic o położeniu DK 2, oblicza kąt uchylenia przepustnicy wstępnej.

Urządzenie sterujące DK-II utrzymuje silnik nastawczy pod napięciem tak długo, aż przepustnica wstępna nie ustawi się w obliczonym położeniu.

Po zmianie położenia przepustnicy głównej (DK 2) albo po obliczeniu przez urządzenie sterujące jej nowego ustawienia zostaje odpowiednio dopasowane uchylenie przepustnicy wstępnej DK 1.

Trzy przewody sygnałowe (EML, ASC, MSR) przekazują w opisany wyżej sposób z urządzenia sterującego ASR do urządzenia sterującego Motronic konieczne procedury regulacyjne (np. zmianę kąta ustawienia zapłonu). W celu regulacji momentu napędowego silnika (MSR) sygnał z urządzenia sterującego Motronic uruchamia nastawnik biegu jałowego. W ten sposób, razem z przyspieszeniem chwili zapłonu, zwiększony zostaje moment obrotowy silnika.

Łącze CAN z urządzenia sterującego Motronic do urządzenia sterującego skrzynki przekładniowej (EGS) zapobiega niepożądanemu i niekontrolowanemu włączeniu automatycznej skrzynki przekładniowej podczas regulacji ASR lub MSR.

Po wykryciu usterki podczas autotestu układu urządzenie sterujące samo się wyłącza. Kierowcy jest to sygnalizowane świeceniem się lampki kontrolnej. Jeżeli błąd dotyczy również ABS, wówczas zaświeci się także lampka kontrolna ABS.

Pulsowanie lampki kontrolnej ASR podczas jazdy sygnalizuje proces regulacji. Wielu producentów umożliwia ręczne wyłączenie układu przeciwpoślizgowego, jeżeli kierowca uzna ślizganie się kół napędowych za wskazane: na przykład żeby koła „dokopały" się na śniegu do twardego podłoża. Inną możliwością ingerowania kierowcy w układ ASR bywa tzw. wyłącznik łańcuchów. W tej opcji podniesiona zostaje dolna granica regulacji i dopuszczony większy poślizg kół wyposażonych w łańcuchy przeciwpoślizgowe.

W razie awarii układu jest wskazane jego zdiagnozowanie za pomocą fabrycznego testera, wykorzystując zapisane w pamięci kody usterek. Odpowiednie instrukcje naprawy podają sposób postępowania i wykaz elementów, które należy sprawdzić.

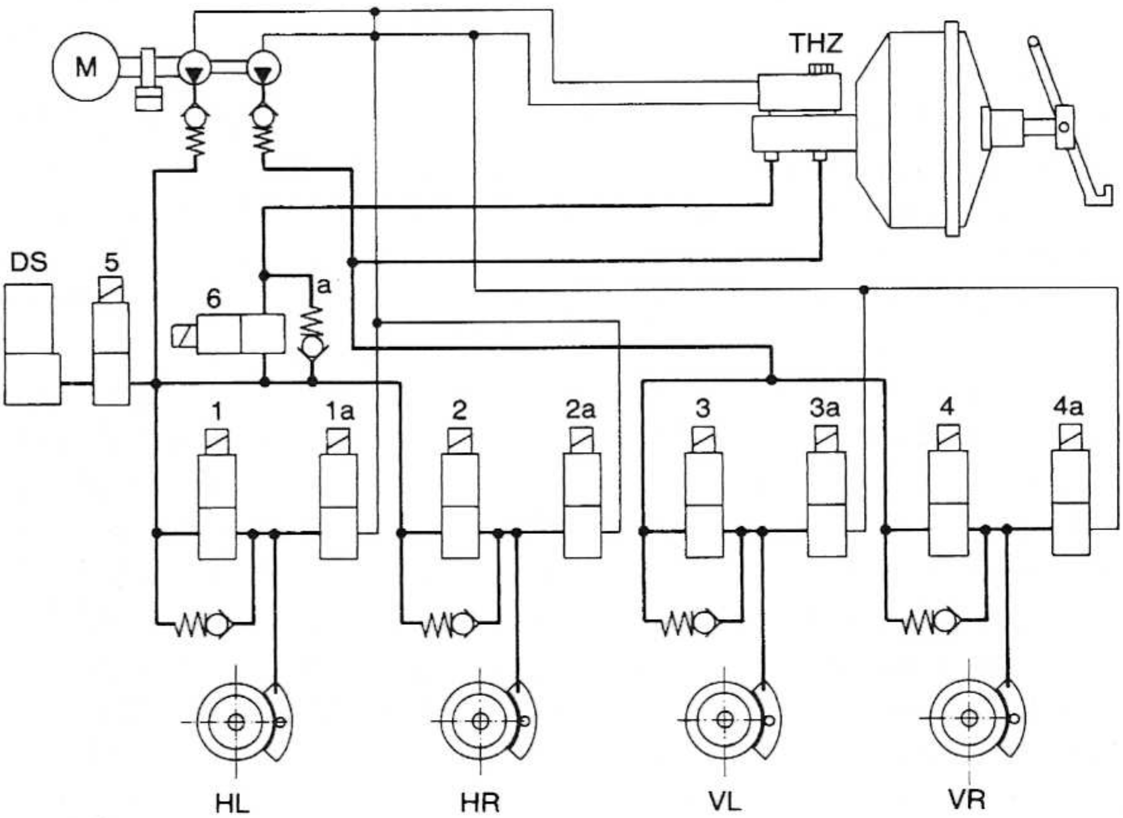
W następnym rozdziale opisano pomiary, jakich można dokonać za pomocą miernika uniwersalnego.

15.2.2. Układ przeciwpoślizgowy z zaworami elektromagnetycznymi 2/2

W odniesieniu do obwodu hydraulicznego największa różnica pomiędzy układami regulacji poślizgu kół napędowych firm Teves i Bosch, podobnie jak przy ABS, polega na tym, że u Boscha jest to układ otwarty. W konstrukcjach obwodu hydraulicznego układu przeciwpoślizgowego kół napędowych coraz częściej stosuje się rozwiązanie z zaworami elektromagnetycznymi 2/2.

Podczas hamowania ciśnienie w siłownikach (rozpieraczach) hydraulicznych hamulców jest modulowane za pomocą zaworów elektromagnetycznych 2/2 (1, 1a, 2, 2a, rys. 15.20).

Pompa wytwarza ciśnienie w akumulatorze ciśnienia. Przed akumulatorem ciśnienia znajduje się osobny zawór elektromagnetyczny 2/2 (5), który otwiera i zamyka przewód do akumulatora ciśnienia. Bez zasilania prądem zawór ten jest zamknięty.



Rys. 15.20
Schemat funkcjonalny układu ASR: ASC+T nieaktywne, THZ – pompa hamulcowa typu tandem, DS – zbiornik akumulacyjny ciśnienia
Zawory elektromagnetyczne:
1 – zawór wlotowy, hamulec lewego, tylnego koła, 1a – zawór wylotowy, koło tylne lewe, 2 – zawór wlotowy, koło tylne prawe, 2a – zawór wylotowy, koło tylne prawe, 3 – zawór wlotowy, koło przednie lewe, 3a – zawór wylotowy, koło przednie lewe, 4 – zawór wlotowy, koło przednie prawe, 4a – zawór wylotowy, koło przednie prawe, 5 – zawór napełniania zasobnika ciśnienia, 6 – zawór odcinający, 6a – zawór nadciśnieniowy

W celu niedopuszczenia do ujścia ciśnienia przez pompę hamulcową (przy otwartym zaworze napełniania akumulatora ciśnienia i pracującej pompie) włącza się zawór odcinający (6) i zamyka połączenie z pompą hamulcową (bez prądu zawór jest otwarty).

Regulacja rozpoczyna się od zasilenia napięciem zaworów koła, które nie podlega regulacji. Powoduje to zamknięcie zaworu wlotowego hamulca tego koła i utrzymanie ciśnienia na niezmienionym poziomie. Zawór wylotowy pozostaje otwarty ze względów bezpieczeństwa.

Jako następny jest uaktywniany zawór odcinający, aby zamknąć połączenie z pompą hamulcową.

Teraz zostaje zasilony prądem (czyli otwarty) zawór przed zbiornikiem akumulacyjnym. Ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca regulowanego koła może swobodnie rosnąć, ponieważ jego zawory elektromagnetyczne nie są zasilane prądem (zawór wlotowy jest otwarty, a wylotowy zamknięty).

Jeżeli działanie hamulców jest dostateczne, wówczas zawór wlotowy otrzymuje impuls napięcia (zamyka się) i ciśnienie pozostaje bez zmian. Następnie zostaje otwarty zawór wylotowy i ciśnienie się zmniejsza.

Gdyby regulowane koło znowu wpadło w nadmierny poślizg, wtedy oba zawory zostają pozbawione napięcia, co umożliwia ponowny wzrost ciśnienia.

Aby nie dopuścić do nadmiernego spadku ciśnienia w akumulatorze ciśnienia w wyniku regulacji, otwiera się zawór napełniania w akumulatorze ciśnienia, co powoduje uruchomienie pompy tłoczącej. Tłoczenie płynu do akumulatora ciśnienia może się odbywać poza procesem regulacji. W tym celu zawory wlotowe się zamykają, a zawory wylotowe, ze względów bezpieczeństwa, pozostają otwarte. Zawór odcinający jest zamknięty, a zawór napełniania przed akumulatorem ciśnienia – otwarty.

Teraz pompa może napełnić akumulator ciśnienia. Po zakończeniu tej operacji, wszystkie zawory zostają pozbawione prądu i wtedy: zawór napełniania przed akumulatorem ciśnienia jest zamknięty; zawór odcinający – otwarty; zawory wlotowe – otwarte; zawory wylotowe – zamknięte. Układ hamulcowy działa znowu w tradycyjny sposób.

W chwili rozpoczęcia hamowania, co urządzenie sterujące rozpoznaje na podstawie sygnału z włącznika świateł hamowania i z czujnika położenia pedału hamulca, odcięty zostaje dopływ prądu do wszystkich zaworów. Dzieje się tak niezależnie od tego, czy akumulator ciśnienia jest naładowany, czy też hamowanie nastąpiło w wyniku regulacji ASR.

Taka procedura bezpieczeństwa gwarantuje natychmiast normalne działanie obwodu hamulcowego niezależnie od tego, czy układ uległ awarii, czy też zrealizowana została jakaś funkcja ASR. Ingerencja w pracę silnika (zapłon, wtrysk) jest dokonywana także w tym układzie przez różne przewody sygnałowe z urządzenia sterującego ASR do urządzenia sterującego Motronic.

Zmiana ustawienia przepustnicy następuje za pomocą silnika nastawczego, zasilanego prądem bezpośrednio z urządzenia sterującego. Silnik wychyla przepustnicę, pokonując opór sprężyny. W tym układzie przepustnica jest połączona z pe-

dałem przyspieszenia cięgłem elastycznym, ale nie na sztywno, lecz również za pośrednictwem sprężyny.

Schemat ideowy na rysunku 15.21 przedstawia raz jeszcze współdziałanie poszczególnych elementów. Pokazano też, które sygnały należy zmierzyć podczas poszukiwania usterek. Wskazane jest rozpoczęcie od analizy zawartości pamięci diagnostycznej za pomocą odpowiedniego testera, uwzględniając przy tym wskazówki producenta.

Przeznaczenie styków w urządzeniu sterującym, rodzaje sygnałów i możliwe pomiary:

Styki 1, 3, 19 – połączenia z masą; pomiar rezystancji.

Styk 2 – zasilanie prądem silnika nastawczego poprzez główny przekaźnik.

Styk 33 – zasilanie urządzenia sterującego poprzez główny przekaźnik.

Styk 51 – stałe zasilanie prądem z zacisku 30.

Styk 16 – zasilanie zespołu hydraulicznego poprzez główny przekaźnik; wejście do urządzenia sterującego jest napięciem odniesienia.

Styk 35 – zasilanie prądem z zacisku 15.

Styki 40, 54, 22, 37, 17, 18, 39, 55 – sygnał masy (ujemny) do sterowania zaworami wlotowymi i wylotowymi siłowników hydraulicznych hamulców. Przewody dodatnie są doprowadzone z głównego przekaźnika. W gotowym do pracy układzie napięcie powinno być równe napięciu akumulatora, pomniejszonego o rezystancję uzwojenia cewek zaworów.

Styk 36 – sygnał masy do sterowania zaworem odcinającym

Styk 38 – sygnał masy do sterowania zaworami ciśnieniowym i napełniania. Przewody dodatnie do obu z nich są doprowadzone również z głównego przekaźnika. Przy gotowym do pracy układzie napięcie powinno być równe napięciu akumulatora, pomniejszonemu o spadek napięcia na skutek rezystancji uzwojenia cewek zaworów.

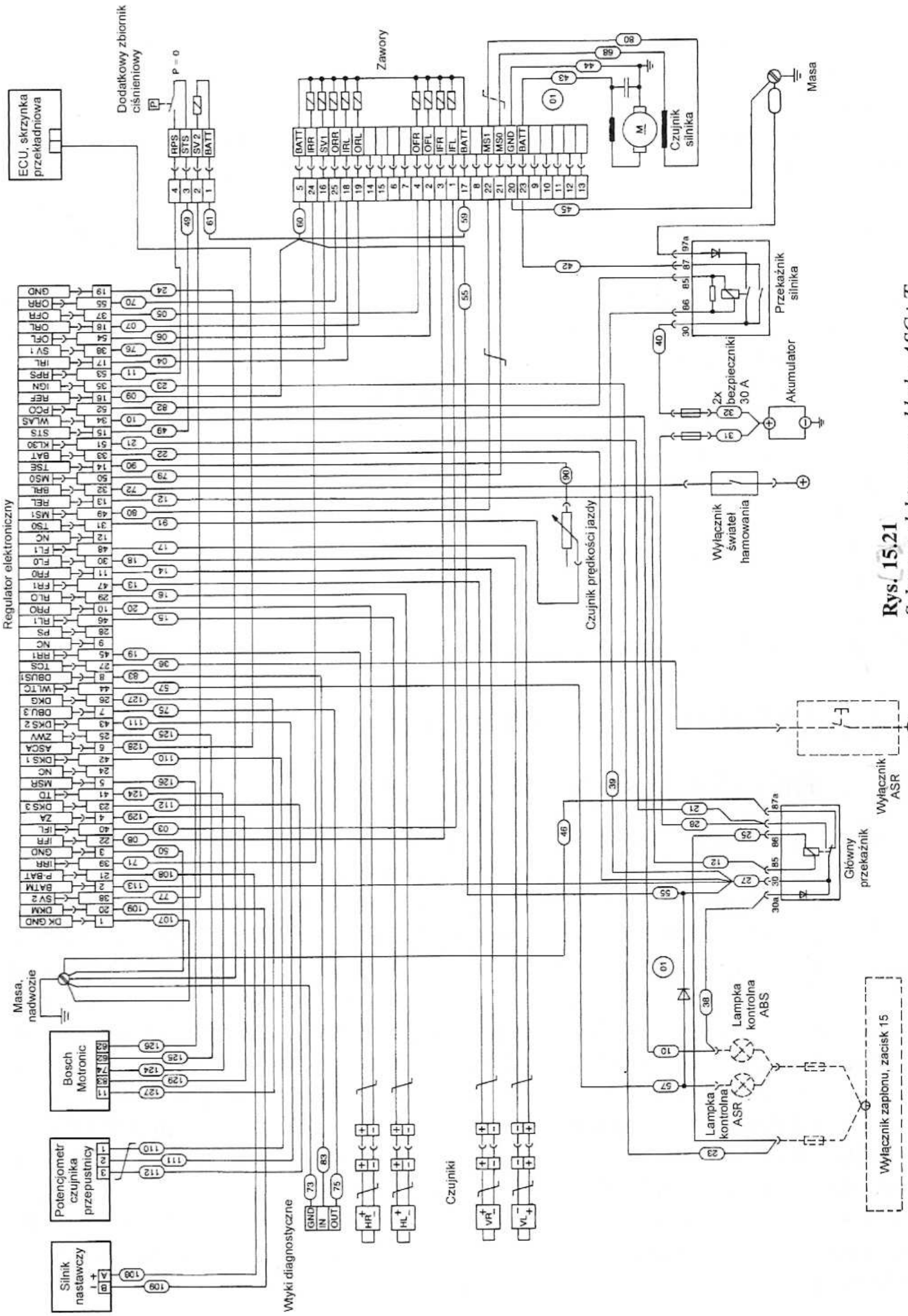
Styki 48, 30, 47, 11, 46, 29, 45, 10 – sygnały wejściowe czujników prędkości obrotowej kół; napięcie przemienne o sinusoidalnej charakterystyce. Pomiar możliwy także współczynnikiem trwania impulsu albo przez odczyt na oscyloskopie (przy obracającym się kole).

Styki 34, 44 – sterowanie lampek kontrolnych ABS i ASR sygnałem masy; powinny się zaświecić. Potem zasilane będą z akumulatora.

Styk 52 – sterowanie sygnałem masy przekaźnika silnika pompy tłoczącej. Przy braku sygnału i gotowym do pracy układzie napięcie powinno być równe napięciu akumulatora, pomniejszonemu o spadek napięcia na skutek rezystancji uzwojenia cewki.

Styki 49, 50 – sygnał czujnika nadzorującego pompę tłoczącą. Przy pracującej pompie pomiar sygnału możliwy także współczynnikiem trwania impulsu albo przez odczyt na oscyloskopie (pompę uruchomić zasilając przekaźnik silnika).

Styki 14, 31 – czujnik położenia pedału; sprawdzanie przez pomiar rezystancji przy wyciągniętym wtyku urządzenia sterującego i poruszanie pedałem hamulca. Lepsza metoda, to pomiar spadku napięcia podczas poruszania pedałem przy aktywnym układzie.



Rys. 15.21
Schemat elektryczny układu ASC+T

Styki 15, 53 – zawór napełniania akumulatora ciśnienia. Pomiar rezystancji przy wyciągniętym wtyku urządzenia sterującego. Przepływ prądu przy zamkniętym zaworze (utrzymać ciśnienie), przerwa w obwodzie przy otwartym (ciśnienie za małe).

Styk 32 – sygnał dodatni przy aktywnym włączniku świateł hamowania.

Styk 13 – sygnał masy do obwodu sterowania głównego przekaźnika.

Styki 20, 21 – sterowanie silnika nastawczego przepustnicy. Wskazane tylko skontrolowanie silnika i przewodów przez pomiar rezystancji. Sygnał napięcia można byłoby zmierzyć jedynie przez bardzo krótką chwilę podczas procesu regulacji.

Styki 42, 43, 23 – sygnał z potencjometru przepustnicy. Pomiar rezystancji bieżni oporowej podczas ruchów przepustnicy albo pomiar spadku napięcia przy aktywnym układzie.

Styki 5, 25, 4 – sygnały wyjściowe podczas ingerencji w pracę silnika przez Motronic. Można tylko sprawdzić przewody, mierząc ich rezystancję. Sygnały napięcia są wysyłane tylko podczas procesu regulacji, co najwyżej przez dwie sekundy.

Styk 41 – wejście sygnału td (prędkość obrotowa) przy pracującym silniku; pomiar współczynnika trwania impulsu.

Styk 26 – sygnał wejściowy z Motronic o położeniu przepustnicy; sygnał modulowany impulsowo (taktowany); pomiar współczynnika trwania impulsu.

Styk 6 – wyjście do automatycznej skrzynki przekładniowej (zakaz włączania) podczas regulacji. Praktycznie możliwe tylko sprawdzenie przewodów.

Styk 27 – sygnał dodatni po uruchomieniu wyłącznika ASR w celu odłączenia układu.

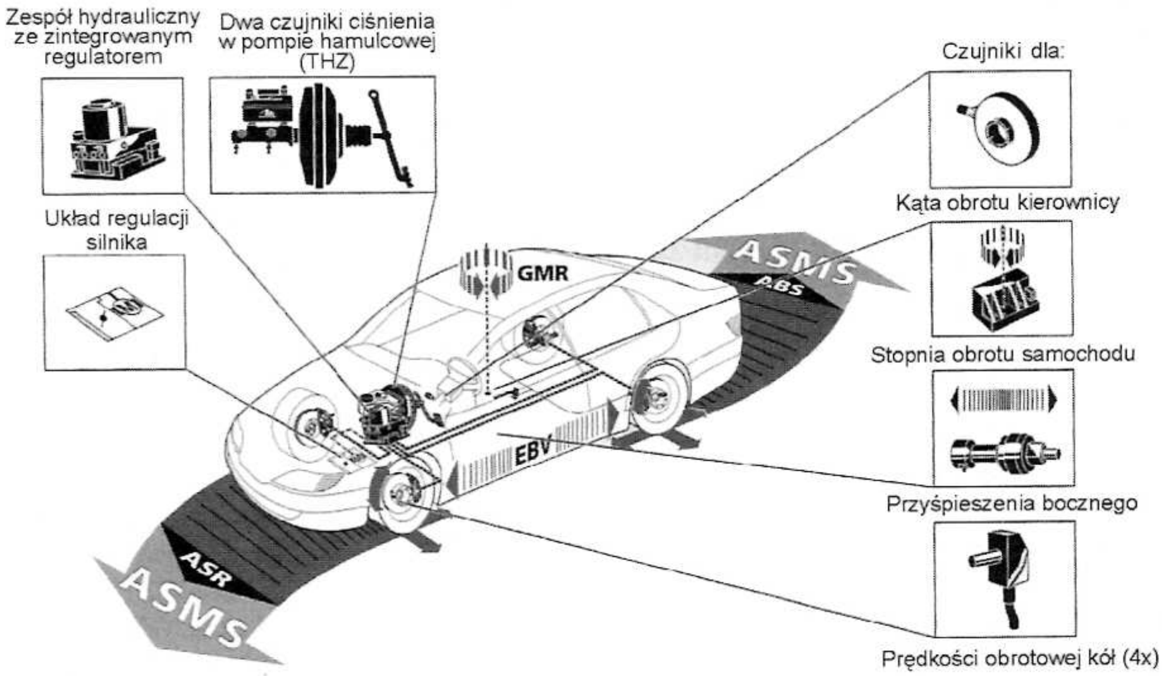
Styki 7, 8 – złącze diagnostyczne.

15.3. Układ stabilizacji toru jazdy

15.3.1. Opis układu stabilizacji toru jazdy

Regulacja stabilizacji toru jazdy umożliwia bezpieczną jazdę w krytycznych sytuacjach niezależnie od tego, czy jest wciśnięty pedał przyspieszenia lub hamulca, czy też nie. Punktem wyjścia jest układ przeciwblokujący ABS, mający nie dopuścić do zblokowania kół podczas hamowania i układ przeciwpoślizgowy kół napędowych ASR, zapobiegający poślizgowi kół podczas przyspieszania. Statystyki wykazują, że ok. 1/6 wszystkich wypadków drogowych jest spowodowana wpadnięciem pojazdu w poślizg, szczególnie przy małej przyczepności opon do nawierzchni (lód, śnieg, deszcz). Regulacja stabilizacji toru jazdy ma miejsce głównie podczas gwałtownych manewrów i panicznych reakcji kierowcy; wykazywania tendencji do podsterowności lub nadsterowności przez pojazd oraz zmiany rodzaju nawierzchni (przyczepność). Polega ona na indywidualnym hamowaniu kół i ingerencji w sterowanie silnika. Elektronika z licznymi czujnikami, podobnie jak w układach ABS i ASR, jest sprawniejsza i szybsza od najlepszego kierowcy. O ile układy ABS i ASR zmieniają parametry dynamiki ruchu pojazdu wzdłuż jego osi podłużnej, o tyle regulacja stabilizacji toru jazdy dodatkowo stabilizuje pojazd w ruchu obro-

towym wokół osi pionowej. Nazywa się to także **regulacją momentu giroskopowego** (momentu obracającego). Momentem giroskopowym określa się obracanie pojazdu wokół osi pionowej. Na rysunku 15.22 pokazano schematycznie zadania i niezbędne czujniki układu stabilizacji toru jazdy.



Rys. 15.22
Elementy układu ASMS

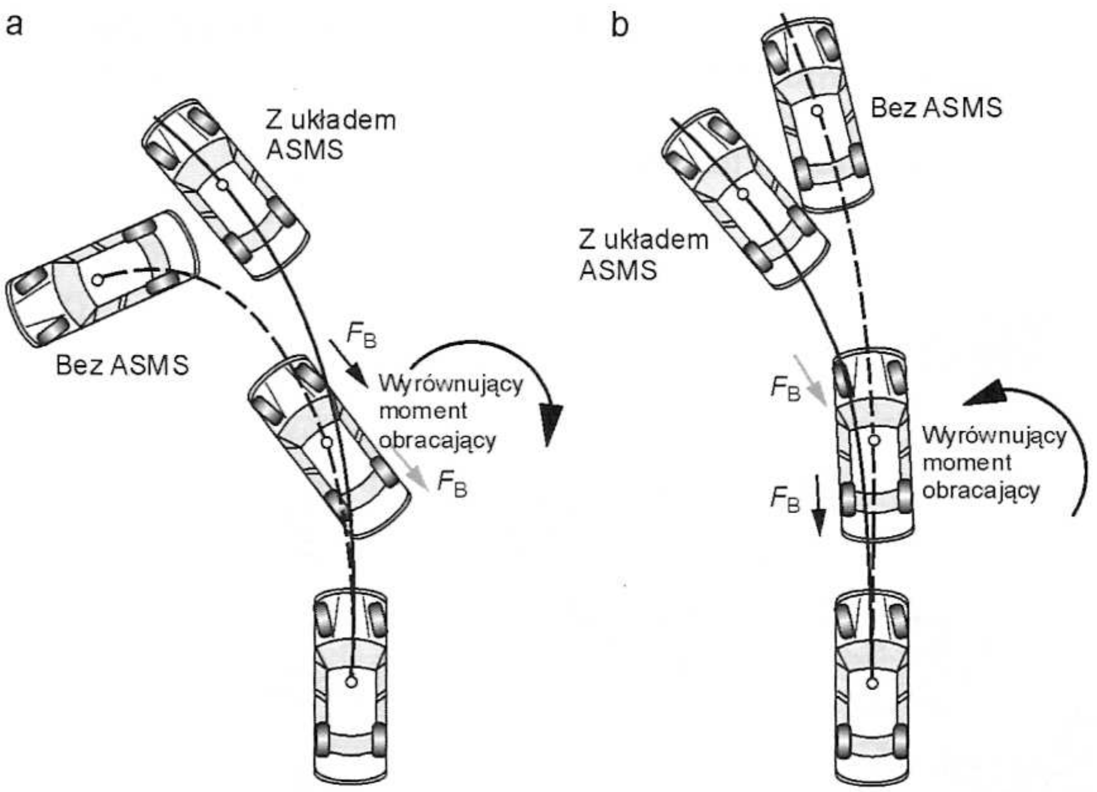
Różni producenci stosują odmienne oznaczenia i skróty nazw układów stabilizacji toru jazdy: np. DSG = Dynamische Stabilitäts-Control, ESP = Electronic Stability Program, ASMS = Automatisches Stabilitäts-Management-System, FDR = Fahr-Dynamik-Regelung, VSC = Vehicle Stability Control, VSA = Vehicle Stability Assist.

Na rysunku 15.23 pokazano na podstawie dwóch prostych przykładów proces regulacji dla samochodu nadsterownego i podsterownego.

Przy nadsterowności grozi „uciekanie" tyłu pojazdu i na zakręcie samochód zaczyna się obracać. W celu przeciwdziałania temu są hamowane koła, znajdujące się po zewnętrznej stronie zakrętu; tylne lżej, przednie mocniej. Dzięki temu powstaje wyrównujący moment obracający, przeciwdziałający zachowaniu się pojazdu i stabilizacja toru jazdy.

Przy podsterowności samochód przednimi kołami zbacza z zadanego toru jazdy („wylatuje" z zakrętu). Dla przeciwdziałania temu zjawisku są hamowane koła znajdujące się po wewnętrznej stronie zakrętu; tylne mocniej, przednie lżej. Układ stabilizacji toru jazdy, podobnie jak ABS i układ przeciwpoślizgowy ASR, może pomóc w krytycznych sytuacjach podczas jazdy albo nie dopuścić do ich powstania.

Kierowca zauważa proces regulacji w postaci pulsującej lampki ostrzegawczej. Ma ona także informować, że jazda odbywa się na krawędzi bezpieczeństwa. Najlepsza nawet regulacja stabilizacji toru jazdy nie może jednak uchronić przed przekroczeniem fizycznej i psychicznej granicy bezpieczeństwa!



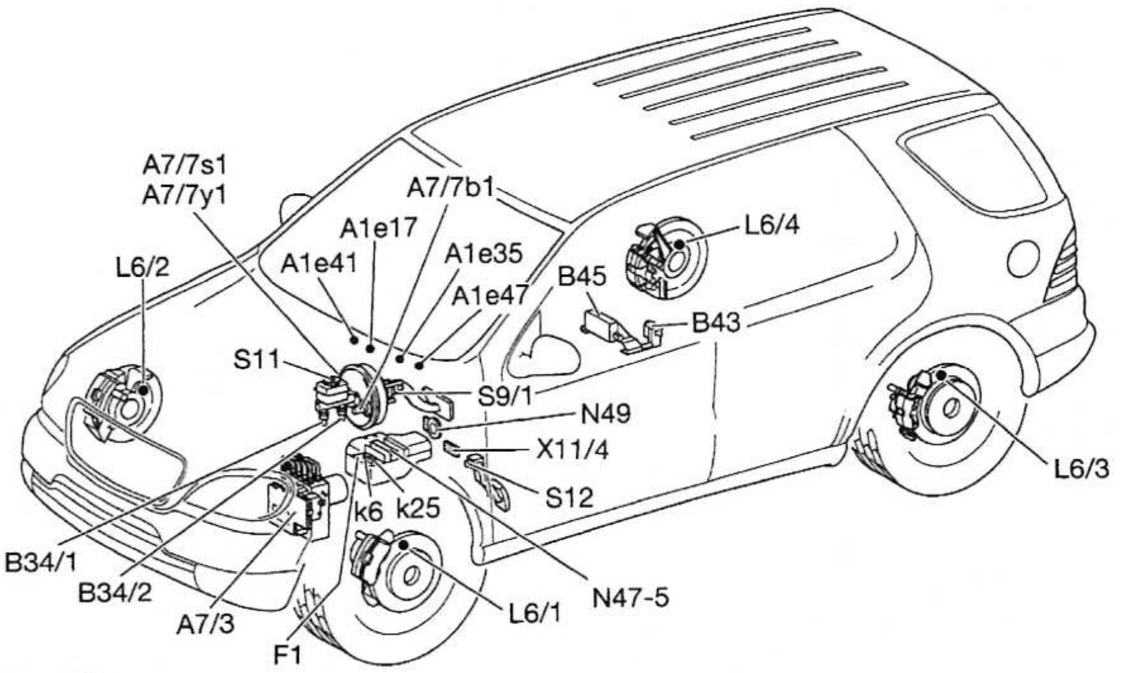
Rys. 15.23
Regulacja momentu obracającego w przypadku:
a) nadsterowności,
b) podsterowności

Na podstawie sygnałów wejściowych, które zostaną potem dokładniej opisane, urządzenie sterujące rozpoznaje jakie kroki powinny zostać podjęte w celu utrzymania stateczności pojazdu. Można tu rozróżnić następujące sytuacje w czasie jazdy.

- Normalna jazda. Niepotrzebna żadna regulacja. Wszystkie zawory elektromagnetyczne bez prądu. Układ hamulcowy gotowy do użytku. Dzieje się tak również w razie awarii układu stabilizacji toru jazdy.
- Regulacja ABS. Odpowiednie zawory elektromagnetyczne w zespole hydraulicznym układu stabilizacji toru jazdy są sterowane dla każdego koła osobno (system 4-kanałowy), ażeby nie dopuścić do ich zablokowania.
- Regulacja przeciwpoślizgowa kół napędowych. Kiedy jakiekolwiek koło traci przyczepność, wtedy jest sterowana pompa ciśnieniowo-powrotna oraz odpowiednie zawory elektromagnetyczne w zespole hydraulicznym.
- Regulacja momentu napędowego silnika. Zwiększenie momentu obrotowego silnika, jeżeli po zwolnieniu pedału przyspieszenia lub zredukowaniu biegu jedno, lub więcej kół wykazują za duży poślizg.
- Elektroniczny rozdział siły hamowania (EBV). Uruchomienie odpowiednich zaworów elektromagnetycznych w zespole hydraulicznym, jeżeli tylne koła wykazują zbyt duży poślizg, ale nie jest jeszcze konieczna regulacja ABS.
- Stabilizacja toru jazdy. Jeżeli są sygnalizowane krytyczne warunki na jezdni, które mogą grozić utratą stateczności, wówczas jest uruchamiana pompa ciśnieniowo-powrotna oraz odpowiednie zawory elektromagnetyczne w zespole hydraulicznym w celu odpowiedniej regulacji ciśnienia hamowania.

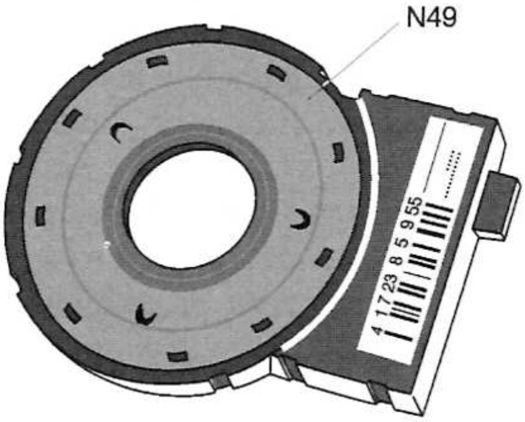
Rozmieszczenie elementów składowych w konkretnym samochodzie pokazano na rysunku 15.25.

Sygnały wejściowe i wyjściowe zostaną szczegółowo opisane. Informacji o prędkości obrotowej kół dostarczają cztery czujniki, których sygnały są nieustannie kontrolowane i porównywane. Na ich podstawie są obliczane: prędkość jazdy; przyspieszenie i opóźnienie; poślizg hamowania (dla ABS); poślizg kół napędowych (dla ASR) oraz poślizg napędu silnika (dla MSR). Informacja o prędkości jazdy jest dostępna w magistrali danych (CAN) także dla innych układów.



Rys. 15.25
Rozmieszczenie elementów układów regulacji
A1e17 – lampka kontrolna ABS, A1e35 – lampka kontrolna ETS, A1e41 – lampka ostrzegawcza ESP, A1e47 – lampka kontrolna BAS/ESP, A7/3 – zespół hydrauliczny dla układów trakcyjnych, A7/7b1 – czujnik położenia przepony dla BAS, A7/7s1 – wyłącznik zwalniający dla BAS, A7/7y1 – zawór elektromagnetyczny dla BAS, B34/1 – czujnik ciśnienia 1 ESP, B34/2 – czujnik ciśnienia 2 ESP, B43 – czujnik przyspieszenia poprzecznego, B45 – czujnik obracania się pojazdu ESP, F1 – skrzynka bezpieczników i przekaźników, F1k6 – przekaźnik ogranicznika świateł hamowania ESP, F1k25 – przekaźnik pompy ciśnieniowo-powrotnej, L6/1 – czujnik prędkości obrotowej lewego, przedniego koła, L6/2 – czujnik prędkości obrotowej prawego, przedniego koła, L6/3 – czujnik prędkości obrotowej lewego, tylnego koła, L6/4 – czujnik prędkości obrotowej prawego, tylnego koła, N47/5 – urządzenie sterujące ESP/BAS, N49 – czujnik kąta obrotu koła kierownicy, S9/1 – włącznik świateł hamowania, S11 – zestyk kontroli płynu hamulcowego, S12 – zestyk kontrolny hamulca postojowego, X11/14 – złącze diagnostyczne

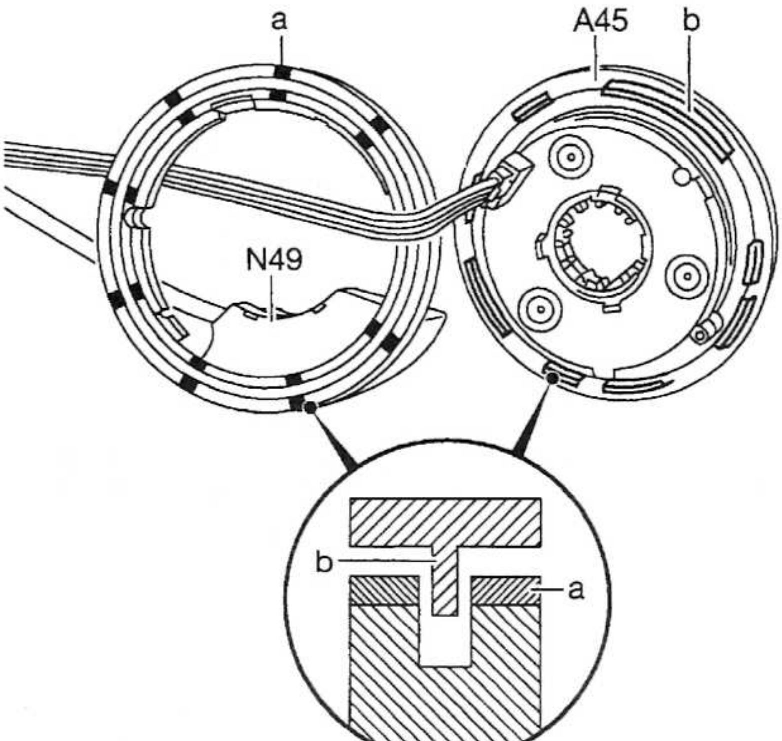
Położenie kierownicy jest obliczane na podstawie sygnałów czujnika kąta obrotu koła kierownicy. Razem z sygnałami o różnicy prędkości obrotowej kół przednich informacje te służą do rozpoznania żądanych przez kierowcę zmian kierunku jazdy i do analizy tych danych przez urządzenie sterujące. W celu ustalenia kąta obrotu koła kierownicy (rys. 15.26) może być użyty cyfrowy, optyczny czujnik z diodami świecącymi, który za pomocą wielu przesłon rejestruje 2,5-stopniowe zmiany kąta obrotu koła kierownicy. Na rysunku 15.27 przedstawiono schematycznie budowę czujnika kąta obrotu koła kierownicy z pomiarowym pierścieniem sygnaliza-



Rys. 15.26
Czujnik kąta obrotu koła kierownicy

cyjnym i dziewięcioma diodami świecącymi (a), które przemieszczają się w kanale z fotokomórkami wzdłuż ośmiu przesłon (b) o różnej długości.

W celu analizy poszczególnych położeń obracanego koła kierownicy, czyli obrazu sygnałów (jasno/ciemno) dziewięciu fotokomórek na pomiarowym pierścieniu sygnalizacyjnym (N49) są zainstalowane dwa mikroprocesory. Centralne ustawienie koła kierownicy jest rozpoznawane przez odpowiednio zdefiniowane położenie diod i przesłon. Czujnik kąta obrotu koła kierownicy jest zasilany na stałe prądem przez zacisk 30. Po wymianie albo po przerwie w zasilaniu musi być przeprowadzona od nowa instalacja oprogramowania tego czujnika.



Rys. 15.27
Budowa czujnika kąta obrotu koła kierownicy
A45 – spirala stykowa,
N49 – czujnik kąta obrotu koła kierownicy
a – fotokomórka diody świecącej,
b – przesłona

Dokonuje się tego obracając kierownicą od oporu do oporu albo w czasie jazdy na wprost na odcinku ponad 50 metrów, z prędkością przynajmniej 20 km/h.

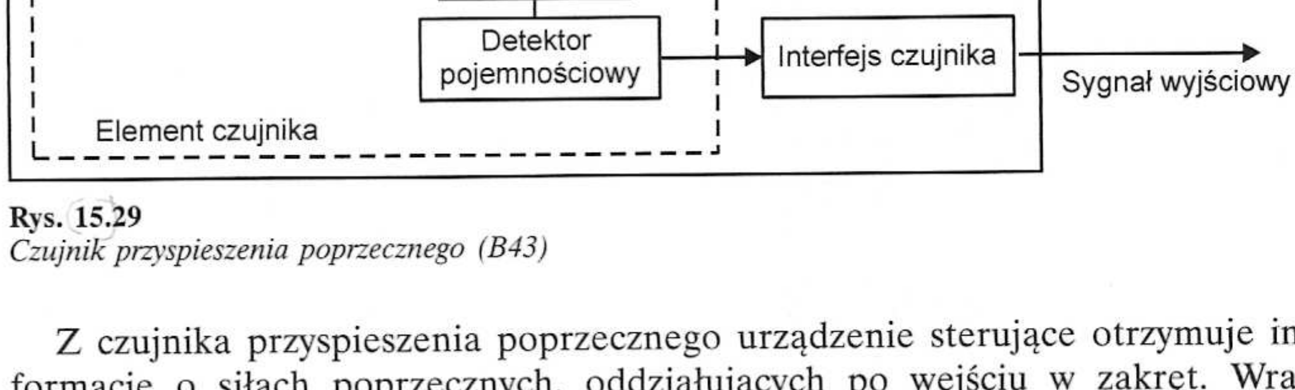
Inny rodzaj czujnika kąta obrotu kierownicy (rys. 15.28) jest zbudowany z dwóch, rozmieszczonych pod kątem 90° ślizgaczy, przesuwających się po bieżni oporowej potencjometru oraz z elementu elektronicznego, który ruchy obrotowe koła kierownicy przekształca w dane cyfrowe, wysyłane do urządzenia sterującego.



Rys. 15.28
Czujnik kąta obrotu koła kierownicy

Po wymontowaniu i wymianie czujnika kąta obrotu koła kierownicy należy go wyzerować za pomocą testera diagnostycznego. Koła przednie muszą być przy tym ustawione do jazdy na wprost.

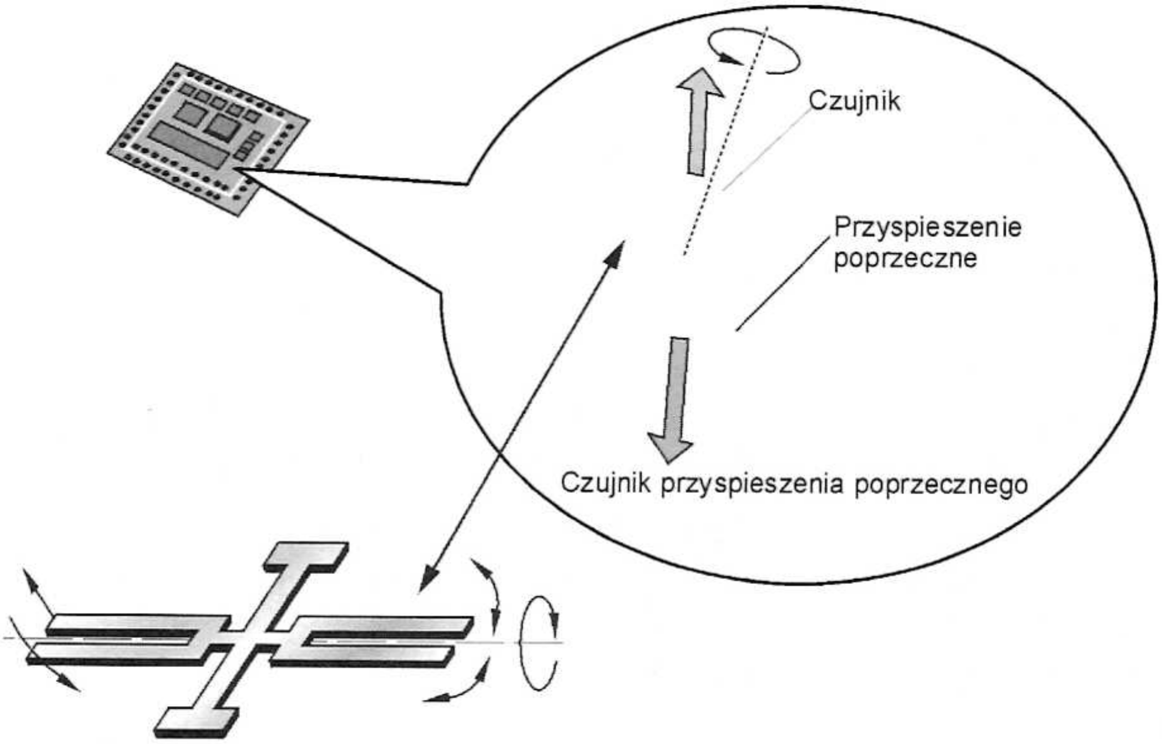
Przyspieszenie poprzeczne jest mierzone przez czujnik bezwładnościowy pracujący na zasadzie masa-sprężyna. Na rysunku 15.29 przedstawiono schemat budowy czujnika przyspieszenia poprzecznego.



Rys. 15.29
Czujnik przyspieszenia poprzecznego (B43)

Z czujnika przyspieszenia poprzecznego urządzenie sterujące otrzymuje informacje o siłach poprzecznych, oddziałujących po wejściu w zakręt. Wraz z informacją o prędkości kątowej obrotu pojazdu urządzenie sterujące ustala aktualny stan dynamiki jazdy pojazdu. Prędkość kątowa obrotu jest prędkością obracania się pojazdu wokół jego osi pionowej, tzw. moment obracający (giroskopowy). Czujnik prędkości kątowej obrotu (rys. 15.30) składa się z wibrującej masy, umieszczonej na sprężynach w pierścieniu krzemowym i z elektronicznego układu obliczeniowego.

Ciśnienie w obu obwodach hamulcowych jest rejestrowane przez dwa czujniki ciśnienia w pompie hamulcowej i uwzględniane w obliczeniach sił hamowania kół. Czujniki te są także elementami obwodu bezpieczeństwa, nadzorującego cały układ. Wraz z sygnałem z włącznika świateł hamowania mają dodatkowo sygnalizować użycie hamulców po to, aby natychmiast została przerwana regulacja przeciwpoślizgowa kół napędowych, a regulacja stabilizacji toru jazdy została dostosowana do zmienionych wartości ciśnienia hamowania. Sygnał z czujnika ruchu przepony, informujący o jej położeniu w urządzeniu wspomagania hamulców służy do obli-



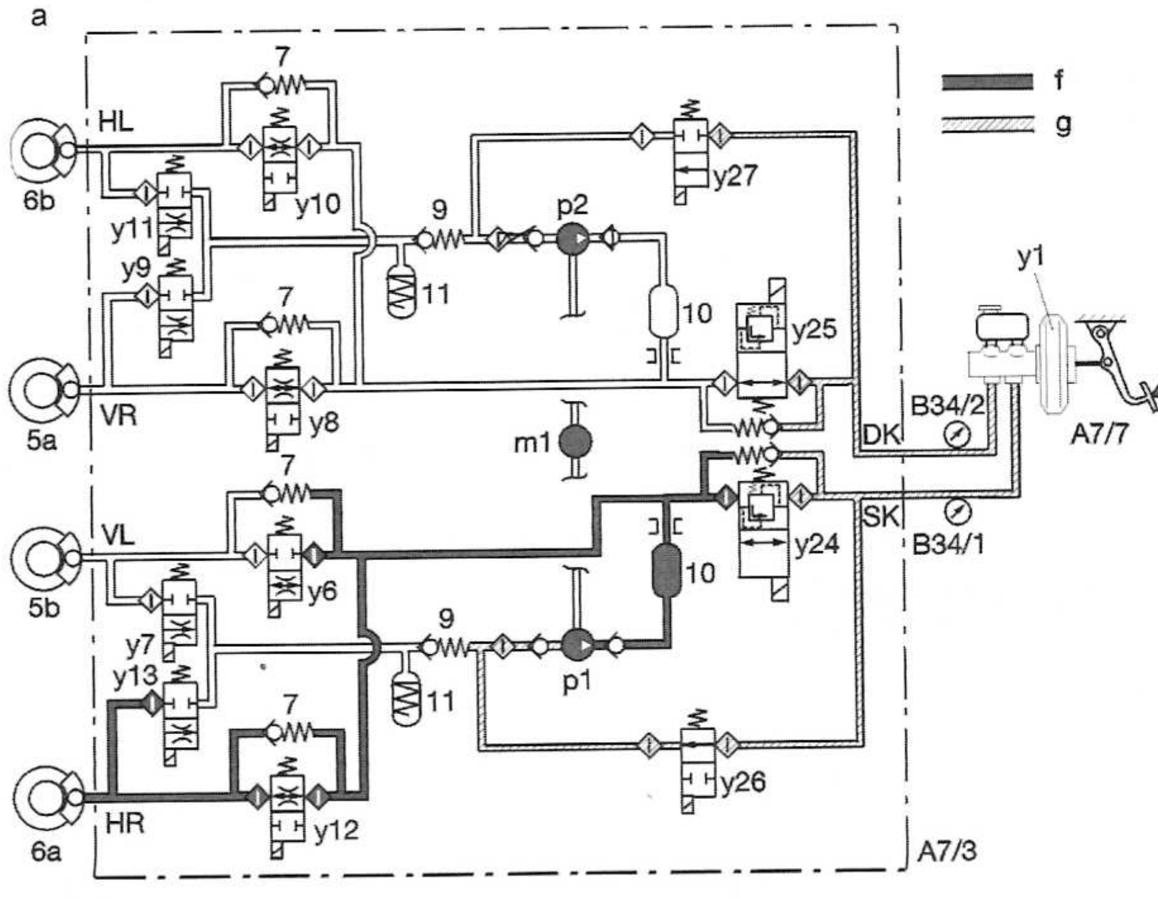
Rys. 15.30
Zasada działania czujnika prędkości kątowej

czenia prędkości, z jaką porusza się pedał hamulca po wciśnięciu go przez kierowcę. Po przekroczeniu określonej prędkości pedału następuje nagłe hamowanie i uruchomione zostają funkcje wspomagające to hamowanie. W tym celu w układzie wspomagania hamulców włącza się zawór elektromagnetyczny (BAS), który napowietrza komorę od strony kierowcy i zapewnia w ten sposób maksymalne wspomaganie nagłego hamowania.

Podczas pracy układu stabilizacji toru jazdy, dzięki aktywnemu zaworowi w układzie wspomagania hamowania, może zostać wytworzone wstępne ciśnienie około 0,5 MPa w pompie ciśnieniowej. Dla takich przypadków przewidziano wyjście do przekaźnika „wyłączanie światła hamowania". Dzięki temu podczas pracy układu stabilizacji toru jazdy nie świecą się światła hamowania, jeżeli kierowca nie wcisnął pedału hamulca. Dane dotyczące silnika i skrzynki przekładniowej trafiają poprzez magistralę danych (CAN) do urządzenia sterującego, które jest informowane o rozwijanym momencie obrotowym silnika i aktualnie włączonym biegu (w samochodach z automatycznymi skrzynkami przekładniowymi). Na tej podstawie są

obliczane siły przyłożone do kół napędowych. Jest to szczególnie ważne dla procesu regulacji przeciwpoślizgowej kół napędowych w ramach regulacji stabilizacji toru jazdy, a także do określenia wytycznych dla urządzenia sterującego silnika o zmianie momentu obrotowego, w celu wsparcia regulacji stabilizacji toru jazdy. Najważniejsze sygnały wyjściowe – obok opisanych już poprzednio – to te, które sterują zaworami elektromagnetycznymi w zespole hydraulicznym.

Na rysunkach 15.31 a, b, c przedstawiono obwód hydrauliczny w fazach wzrostu, utrzymywania i spadku ciśnienia podczas regulacji (z udziałem hamulców), na przykładzie siłownika hydraulicznego hamulca prawego tylnego koła.

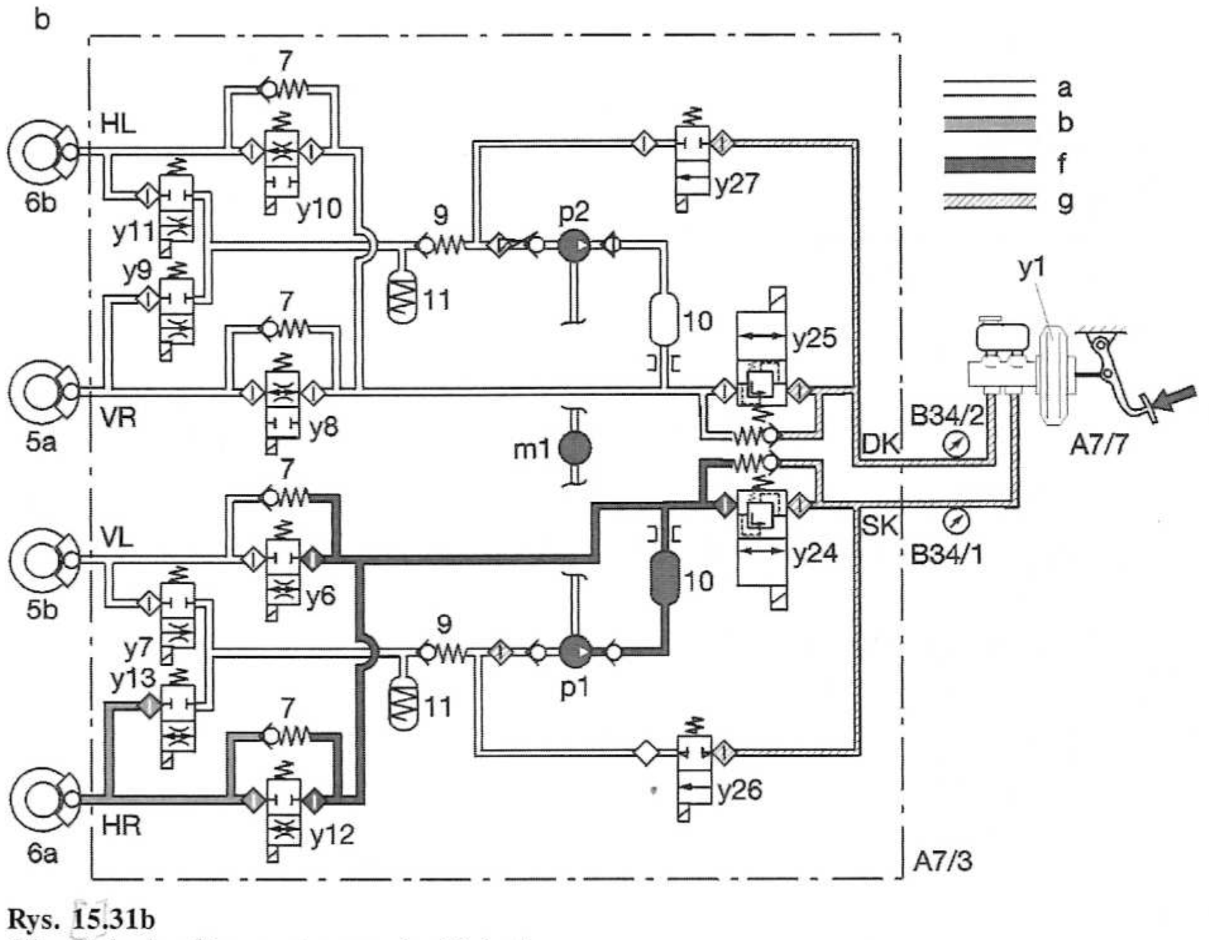


Rys. 15.31a
Obwód hydrauliczny: zwiększanie ciśnienia
f – wysokie ciśnienie
g – ciśnienie wstępne

Najpierw zostają zamknięte oba zawory rozdzielcze (y24/y25), uruchomiona pompa ciśnieniowo-powrotna (m1) i otwarty zawór elektromagnetyczny BAS (y1) w urządzeniu wspomagania hamulców (A7/7). Dzięki temu we wlotach ssących pompy (p1/p2) wytwarza się ciśnienie wstępne ok. 0,5 MPa. Pompa ciśnieniowo-powrotna (p1) zasysa przez otwarty elektromagnetyczny zawór wlotowy (y26), znajdujący się pod wstępnym ciśnieniem płyn hamulcowy i wytwarza ciśnienie hamowania w rozpieraczu hydraulicznym hamulca tylnego, prawego koła (6a). Aby w takim przekątnym rozdzieleniu obwodów hamulcowych ciśnienie hamowania nie mogło oddziaływać na rozpieracz hydrauliczny hamulca przedniego, prawego koła

(5b), zamyka się wlotowy zawór elektromagnetyczny (y6). W celu utrzymania ciśnienia zostają zamknięte zawory wylotowy (y26) i wlotowy (y12). W ten sposób ciśnienie w rozpieraczu hydraulicznym hamulca jest utrzymywane, ale nie może rosnąć.

W celu zmniejszenia ciśnienia otwiera się zawór wylotowy (y13). Ciśnienie spada przez pompę ciśnieniowo-powrotną i przez zawór ograniczający ciśnienie, zintegrowany z zaworem rozdzielczym (y24). Jeżeli po zmniejszeniu ciśnienia nie jest konieczny jego ponowny wzrost, tzn. zakończona została praca układu stabilizacji toru jazdy, wówczas wszystkie zawory elektromagnetyczne są bez prądu i pozostają

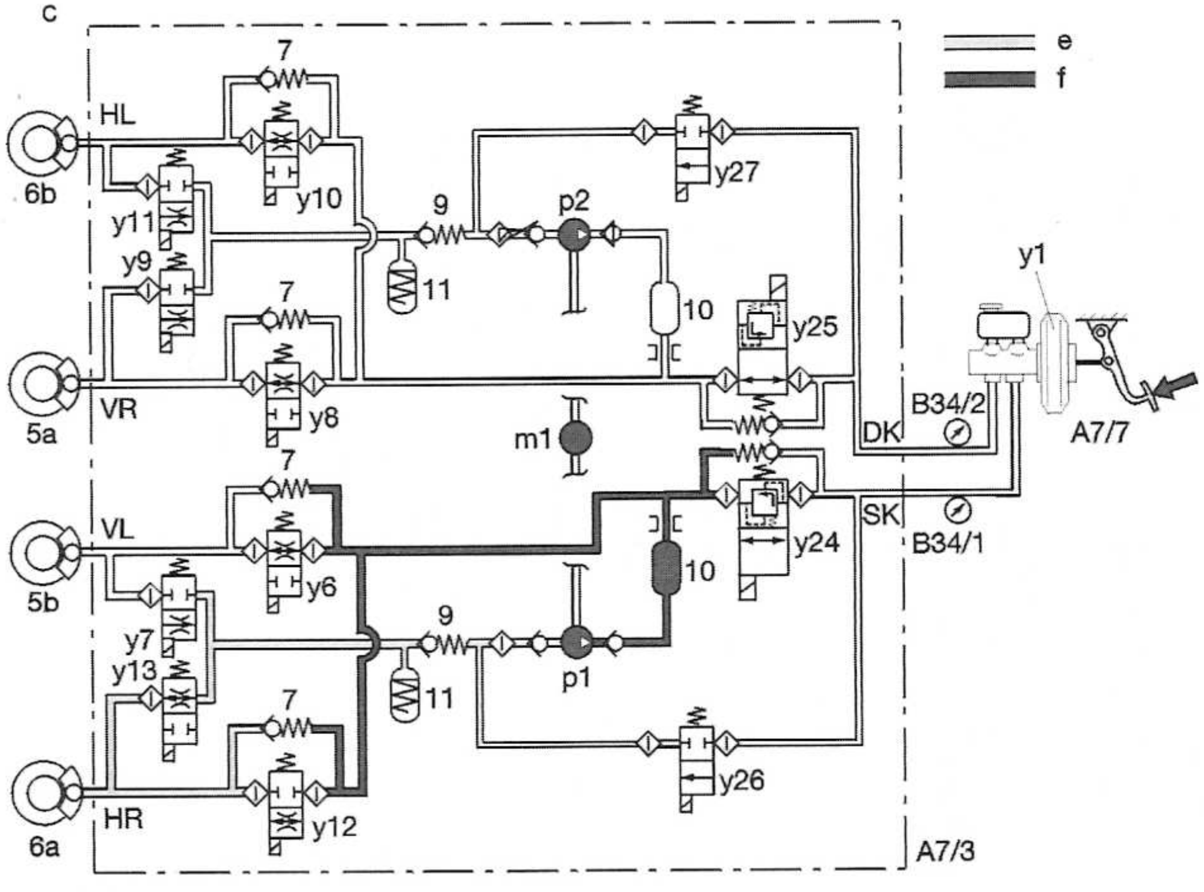


Rys. 15.31b
Obwód hydrauliczny: utrzymanie ciśnienia
a – przewód ssący
b – ciśnienie hamowania
f – wysokie ciśnienie
g – ciśnienie wstępne

w położeniu spoczynkowym. Zostaje także wyłączona pompa ciśnieniowo-powrotna. Istniejące jeszcze wtedy ciśnienie (ok. 15MPa) jest absorbowane przez cały układ.

Omawiając sygnały wejściowe i wyjściowe w układzie stabilizacji toru jazdy należy jeszcze wspomnieć o sygnałach z włącznika hamulca awaryjnego, wyłącznika całego układu stabilizacji toru jazdy i o sterowaniu lampkami kontrolnymi. Przy zaciąganiu dzwigni ręcznej hamulca awaryjnego nie następuje regulacja momentu napędowego silnika. Użycie przycisku odłączającego cały układ stabilizacji toru jazdy oznacza jednoczesne wyłączenie układu przeciwpoślizgowego kół napędowych i układu regu-

lacji momentu napędowego silnika. W takiej sytuacji urządzenie sterujące poprzez łącze CAN aktywuję lampkę ostrzegawczą na tablicy wskaźników. Świeci się ona w sposób ciągły tak samo, jak po wystąpieniu usterki układu stabilizacji toru jazdy. W taki sam sposób urządzenie sterujące, przez łącze CAN i wskaźnik wielofunkcyjny, przetwarza sygnały z czujników kontrolujących stopień zużycia wkładek ciernych i włącza lampki ostrzegawcze elektronicznego systemu trakcji oraz ABS. Podobnie, jak wszystkie opisane dotychczas układy, także i ten ma możliwość obszernej samodiagnozy z zapamiętaniem kodów usterek w pamięci diagnostycznej, której zawartość może być odczytana za pomocą odpowiedniego testera.



Rys. 15.31c
Obwód hydrauliczny: zmniejszanie ciśnienia
e – ciśnienie zredukowane, f – wysokie ciśnienie

15.4. Regulowane blokady mechanizmu różnicowego

W celu utrzymania stateczności pojazdu i poprawy własności trakcyjnych, oprócz opisanej w rozdziale 15.2 regulacji przeciwpoślizgowej kół napędowych, istnieje możliwość elektronicznej regulacji blokowania mechanizmu różnicowego, a tym samym wpływania na rozdział siły napędowej.

Także w tym przypadku, za pomocą elektroniki możliwe są precyzyjne ustawienia bez konieczności polegania na niedoskonałych, mechanicznych blokadach mechanizmu różnicowego. Oddziaływanie blokady, dzięki elektronicznej regulacji, można ustawiać w przedziale od 0 do 100%.

Podczas hamowania blokada mechanizmu różnicowego natychmiast przestaje działać. W przeciwieństwie do blokad mechanicznych nie zachodzi tu żadne negatywne oddziaływanie na regulację ABS, ponieważ wszystkie cztery koła są zwolnione. Regulowane blokady są umieszczane albo w mechanizmie różnicowym osi tylnej, albo – przy napędzie na cztery koła – także w skrzynce rozdzielczej (międzyosiowy mechanizm różnicowy). Działanie blokady polega na wywieraniu nacisku na element wielopłytkowy przez układ hydrauliczny albo na wykorzystaniu silnego elektromagnesu, który również oddziałuje na element wielopłytkowy. Ponieważ przy blokadzie elektrohydraulicznej powstają znacznie większe siły, stosuję się ją głownie w mechanizmie różnicowym osi tylnej. W międzyosiowych mechanizmach różnicowych skrzynek rozdzielczych samochodów z napędem wszystkich kół można stosować zarówno blokady elektrohydrauliczne, jak i elektromagnetyczne. Zależy to od przenoszonego maksymalnego momentu obrotowego, rozdziału nacisków na osie oraz od rozdziału momentu pomiędzy osią przednią i tylną.

Regulację i uruchamianie blokad przejmuje urządzenie sterujące według z góry zaprogramowanych wielkości znamionowych i w zależności od otrzymywanych sygnałów. Zachowanie stateczności pojazdu ma przy tym wyższy priorytet niż polepszenie własności trakcyjnych pojazdu.

15.4.1. Sygnały wejściowe i wyjściowe w urządzeniu sterującym

W zależności od budowy układu są możliwe, pokazane na rysunku 15.32, wejścia i wyjścia w urządzeniu sterującym.

Sygnały wejściowe	Przetwarzanie	Sygnały wyjściowe
Czujniki prędkości obrotowej kół – przedniego lewego – przedniego prawego – tylnego lewego – tylnego prawego Rzeczywiste położenie przepustnicy Sygnał td Włącznik świateł hamowania Włącznik testowy hamulców Wyłącznik ciśnienia napełniania Wyłącznik ciśnienia napełniania zbiornika Czujnik przyspieszenia bocznego Wyłącznik blokady	URZĄDZENIE STERUJĄCE	Lampka kontrolna Zawór wzrostu ciśnienia Blokada w tylnej osi Zawór spadku ciśnienia Blokada w tylnej osi Zawór wzrostu ciśnienia Skrzynka rozdzielcza Zawór spadku ciśnienia Skrzynka rozdzielcza albo
Zacisk 30, akumulator (+) Zacisk 15, akumulator (+) Zacisk 31, masa	↑ ↓ Diagnoza	Sterowanie blokadą elektromagnetyczną w skrzynce rozdzielczej

Rys. 15.32
Przegląd układu „Regulowane blokady"

Sygnały prędkości obrotowej kół urządzenie sterujące blokadami mechanizmów różnicowych otrzymuje z urządzenia sterującego ABS. Można je zmierzyć współczynnikiem trwania impulsu. Na podstawie sygnałów o prędkości obrotowej kół urządzenie sterujące rozpoznaje prędkość pojazdu, ewentualną jazdę na zakręcie albo zwiększony poślizg jednego lub większej liczby kół. Urządzenie sterujące oblicza prędkość odniesienia na podstawie sygnału z czujnika najwolniejszego koła przedniego.

W razie awarii ABS lub braku sygnału czujnika prędkości obrotowej koła urządzenie sterujące odłącza regulację blokad mechanizmów różnicowych.

Na podstawie danych o **aktualnym położeniu przepustnicy**, otrzymanych z urządzenia sterującego Motronic w postaci modulowanego impulsowo sygnału, jest rozpoznawany stan obciążenia silnika i charakter jazdy (holowanie, pchanie). Przy pracującym silniku sygnał ten może być zmierzony współczynnikiem trwania impulsu.

Przychodzący również z urządzenia sterującego Motronic **sygnał td** dostarcza informacje o prędkości obrotowej silnika do urządzenia sterującego blokadami. Prędkość obrotowa silnika, aktualne położenie przepustnicy i informacje z czujników prędkości kół są podstawą do ewentualnego zastosowania blokady mechanizmu różnicowego. Sygnał td może być skontrolowany współczynnikiem trwania impulsu.

Na podstawie **sygnału napięcia włącznika świateł hamowania** urządzenie sterujące rozpoznaje użycie hamulców i natychmiast odłącza blokadę mechanizmu różnicowego. Dzięki temu wszystkie cztery koła są uniezależnione od siebie i nie dochodzi do negatywnego wpływu napędu na skuteczność hamowania ani na skuteczność regulacji ABS. Przy wciśniętym pedale hamulca, a tym samym zwartym włączniku świateł hamowania, można zmierzyć napięcie na odpowiednim styku urządzenia sterującego. Powinno ono być bliskie napięciu akumulatora.

Ze względów bezpieczeństwa stosuje się dodatkowo **testowy włącznik hamulców**. Dzięki niemu może być rozpoznane użycie hamulców także w przypadku usterki świateł hamowania. Testowy włącznik hamulców reaguje dopiero po wciśnięciu pedału hamulca na odpowiednią głębokość i otwierając się przerywa sygnał masy.

Pomiar rezystancji i poruszanie pedałem są wystarczającą formą kontroli sprawności włącznika. Opóźnienie w czasie zwierania włącznika świateł hamowania i otwieranie się testowego włącznika hamulców po naciśnięciu pedału hamulca oraz ich odwrotne zachowanie się po zwolnieniu tego pedału jest dodatkowo nadzorowane przez obwód logiczny w urządzeniu sterującym.

Z **wyłącznika ciśnienia napełnienia** trafia do urządzenia sterującego sygnał masy w chwili, w której ciśnienie hydrauliczne w blokadzie mechanizmu różnicowego osiągnie określoną wartość (bez ciśnienia wyłącznik jest otwarty; pomiar rezystancji). Sygnał służy urządzeniu sterującemu do kontroli obwodu hydraulicznego oraz jako informacja zwrotna o wzroście albo spadku ciśnienia w blokadzie.

Wyłącznik ciśnienia napełnienia akumulatora ciśnienia wysyła do urządzenia sterującego i do zaworu odcinającego napełnianie sygnał napięcia, kiedy spada

ciśnienie w obwodzie hydraulicznym i akumulator ciśnienia musi być napełniony. Czas napełniania akumulatora ciśnienia jest nadzorowany przez urządzenie sterujące. Przekroczenie zaprogramowanego czasu jest rozpoznawane jako nieszczelność albo inna usterka i urządzenie sterujące wyłącza układ blokady.

Czujnik przyspieszenia poprzecznego stanowi zespół dwóch czujników: jeden dla zakrętów w lewo i drugi dla zakrętów w prawo. Na podstawie zmian rezystancji w jednym z czujników urządzenie sterujące rozpoznaje największe przyspieszenie poprzeczne w trakcie jazdy po zakręcie i rozpoczyna proces regulacji blokady w celu zachowania stateczności w ekstremalnej sytuacji.

Czujnik przyspieszenia poprzecznego jest stosowany tylko w samochodach sportowych, które mogą jechać po zakręcie z wielką prędkością.

Także w tym układzie urządzenie sterujące jest zasilane na stałe poprzez **zaciski 30 i 15 z akumulatora** (+), a przez **zacisk 31 jest połączone z masą** (nadwozie). Zaciski te należy zawsze skontrolować przed rozpoczęciem poszukiwania usterki.

Za pomocą **włącznika blokad** mechanizmów różnicowych można ręcznie uaktywnić obie blokady. Jednak powyżej ustalonej prędkości (ok. 30 km/h) nie ma już takiej możliwości, a podejmowane próby urządzenie sterujące ignoruje.

Wszystkie układy regulacji blokad mechanizmów różnicowych mają możliwość samodiagnozowania i kodowania usterek w pamięci urządzenia sterującego oraz zawierają specjalne złącze diagnostyczne.

Lampki kontrolne sygnalizują podjęty proces regulacji i usterki w układzie. Zależnie od producenta lampki wtedy pulsują albo świecą się w sposób ciągły.

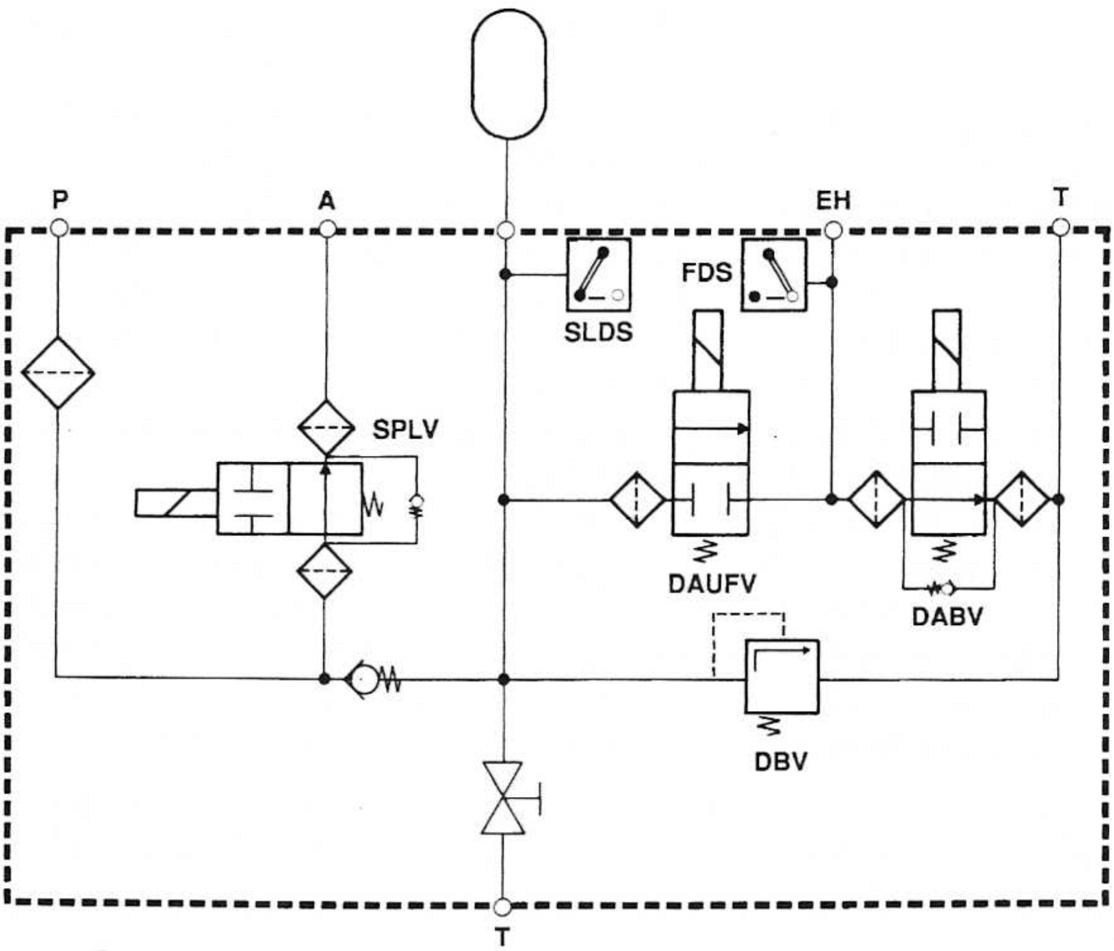
Urządzenie sterujące tak włącza i wyłącza **zawory wzrostu i spadku ciśnienia,** aby poprzez zmiany ciśnienia w obwodzie hydraulicznym uzyskać odpowiedni skutek działania blokad.

Działanie obwodu hydraulicznego i zaworów ciśnieniowych oraz budowę i sterowanie **elektromagnetycznej blokady** mechanizmu różnicowego opisano szczegółowo w następnych punktach.

15.4.2. Blokady elektrohydrauliczna i elektromagnetyczna

Wszystkie zawory elektromagnetyczne, służące do regulacji ciśnienia hydraulicznego w układzie blokady elektrohydraulicznej umieszczono w **zespole hydraulicznym** (rys. 15.33). Zawór elektromagnetyczny (2/2) napełniania akumulatora ciśnienia bez prądu pozostaje otwarty. Mechanicznie napędzana pompa tłoczy ciecz roboczą przez otwarty zawór napełniania w stronę złącza z innymi układami regulacji albo z powrotem do zbiornika głównego cieczy. Jeżeli ciśnienie w akumulatorze spadnie (poniżej ok. 12 MPa), zamyka się wyłącznik ciśnienia napełniania zbiornika, włączając zasilanie elektryczne zaworu napełniania (osobny przewód przekazuje tę informację do urządzenia sterującego).

Zawór napełniania się zamyka i pompa tłoczy ciecz do akumulatora, zwiększając w nim ciśnienie. Kiedy ciśnienie osiągnie określoną wartość (ok. 18 MPa), wtedy wyłącznik ciśnienia napełniania zbiornika się otwiera i przerywa zasilanie



Rys. 15.33
Schemat blokowy zespołu hydraulicznego
P – połączenie z podwójną pompą hamulcową, T – połączenie ze zbiornikiem cieczy roboczej, A – połączenie z urządzeniem wyrównawczym albo zbiornikiem, EH – połączenie z blokadą elektrohydrauliczną w skrzynce rozdzielczej, SPLV – zawór napełniania zbiornika akumulacyjnego, DABV – zawór zmniejszania ciśnienia, DAUFV – zawór zwiększania ciśnienia, SLDS – wyłącznik ciśnienia napełniania zbiornika, FDS – wyłącznik ciśnienia napełniania, DBV – zawór ograniczania ciśnienia

prądem zaworu napełniania, który bez prądu jest otwarty. Z wyłącznika ciśnienia napełniania akumulatora ciśnienia może być także bezpośrednio sterowana elektryczna pompa wysokiego ciśnienia.

Napełnianie akumulatora ciśnienia ma na celu stworzenie odpowiedniego „zapasu" ciśnienia, aby w razie potrzeby można było natychmiast rozpocząć proces regulacji blokady.

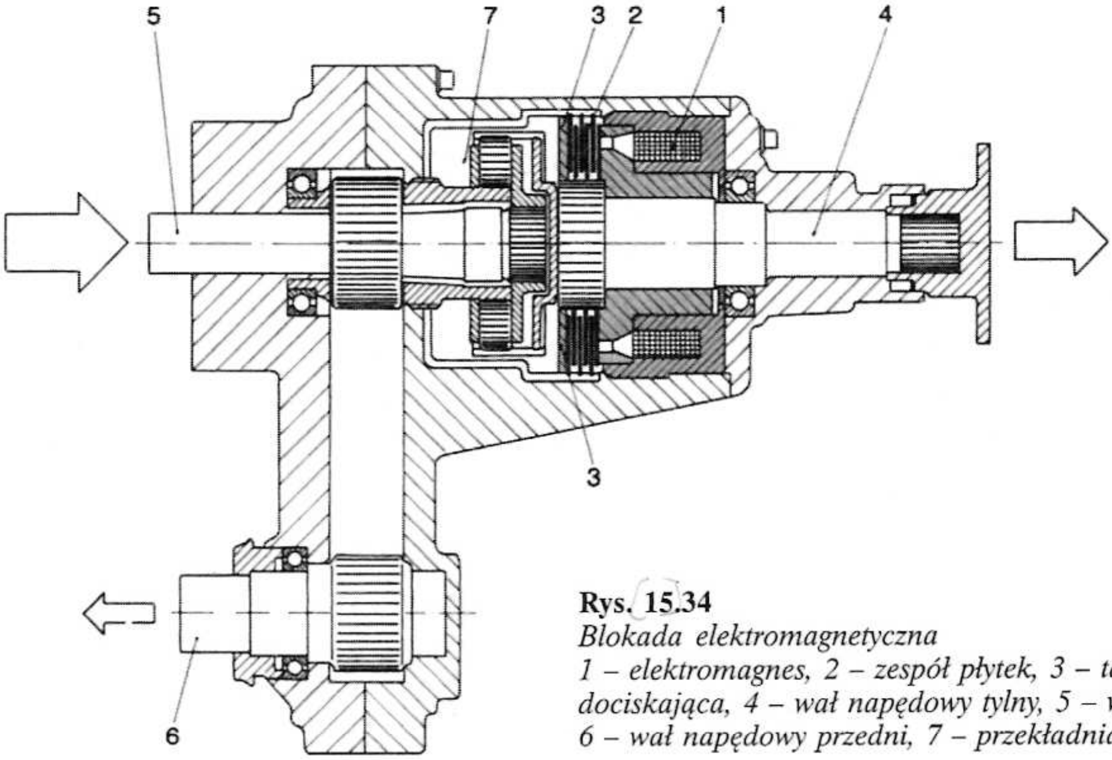
Po rozpoznaniu przez urządzenie sterujące konieczności uruchomienia blokady zostają zasilone prądem zawory wzrostu i spadku ciśnienia. Otwarty bez prądu zawór spadku ciśnienia teraz się zamyka, a zamknięty bez prądu zawór wzrostu ciśnienia teraz się otwiera. Dzięki temu zmagazynowane w akumulatorze ciśnienie oddziałuje bezpośrednio na zespół płytek w mechanizmie różnicowym (w tylnym moście albo w skrzynce rozdzielczej) i powoduje jego blokowanie. Po odłączeniu zasilania elektrycznego od zaworów wzrostu i spadku ciśnienia, ciśnienie w układzie spada i blokada mechanizmu różnicowego przestaje działać.

Przez sterowanie każdego zaworu z osobna można dowolnie regulować ciśnienie (zwiększać, zmniejszać, utrzymywać, albo dowolnie nim manipulować). Dzięki

temu osiąga się bezstopniowy efekt blokady w przedziale od 0 do 100%, w zależności od potrzeb.

Na podstawie sygnału masy z zamkniętego ciśnieniowego wyłącznika napełniania (ponad 0,8 MPa) urządzenie sterujące rozpoznaje sprawność działania obwodu hydraulicznego i początek działania blokady.

Budowa i działanie **blokady elektromagnetycznej** są bardzo proste (rys. 15.34).



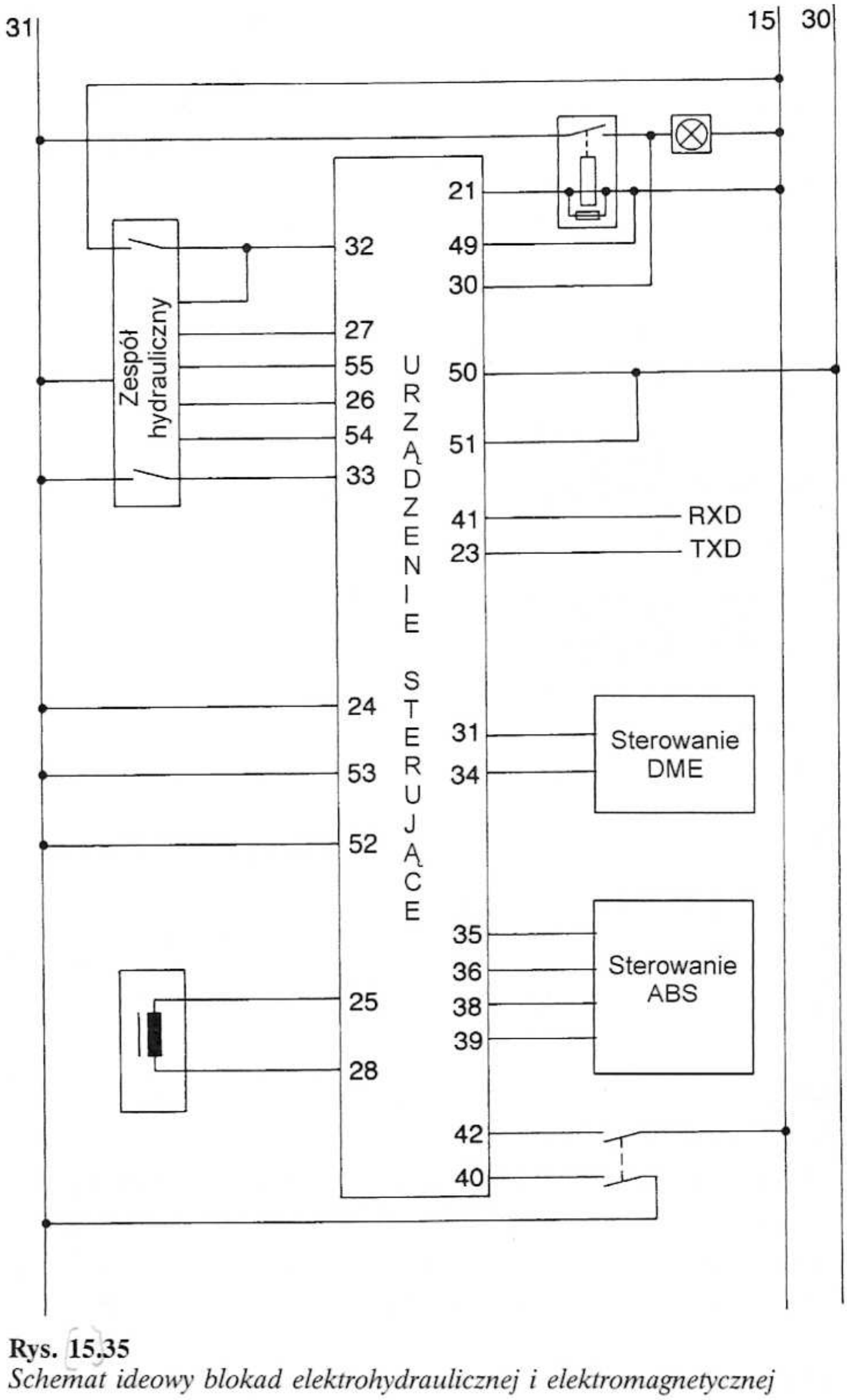
Rys. 15.34
Blokada elektromagnetyczna
1 – elektromagnes, 2 – zespół płytek, 3 – tarcza dociskająca, 4 – wał napędowy tylny, 5 – wał napędowy, 6 – wał napędowy przedni, 7 – przekładnia różnicowa

Przez elektromagnes zaczyna płynąć prąd i powstaje pole magnetyczne. Siła tego pola przyciąga tarczę (dociskającą) w stronę elektromagnesu i ściska zespół płytek. Po przyciśnięciu do siebie nawzajem, rowkowane na zewnątrz i od wewnątrz płytki nie mogą się już wobec siebie przesuwać, co powoduje blokadę międzyosiowego mechanizmu różnicowego w skrzynce rozdzielczej. Elektromagnes jest zasilany prądem (plus i minus) bezpośrednio z urządzenia sterującego.

Natężenie prądu jest zawsze jednakowe, to znaczy podczas przepływu prądu następuje pełna (100%) blokada. Zmienia się natomiast odpowiednio czas trwania impulsu prądowego i w ten sposób jest osiągane płynne działanie blokady w przedziale od 0 do 100%.

15.4.3. Obwód elektryczny elektromagnetycznej blokady w układzie napędowym czterech kół

Schemat obwodu elektrycznego elektromagnetycznej blokady w układzie napędowym czterech kół przedstawiono na rysunku 15.35.



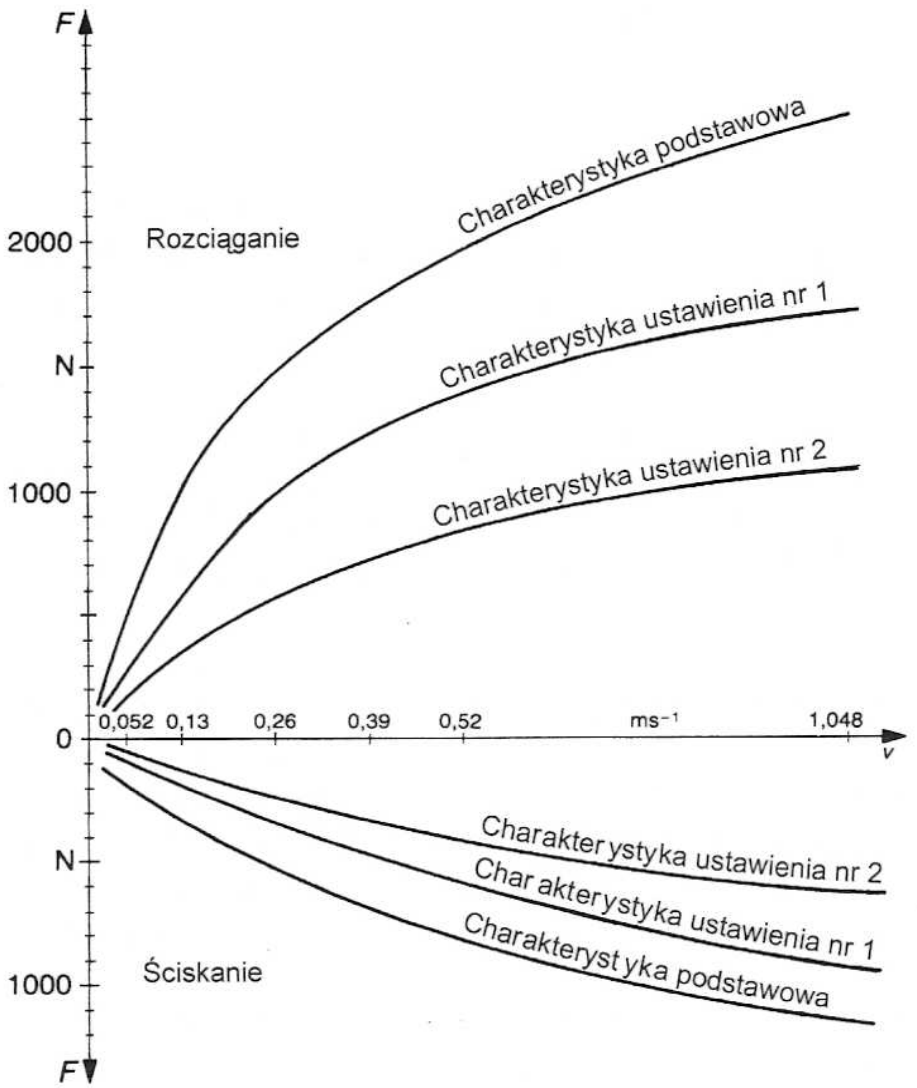
Rys. 15.35
Schemat ideowy blokad elektrohydraulicznej i elektromagnetycznej

Znaczenie poszczególnych styków urządzenia sterującego:
styk 34 – sygnał td,
styk 31 – sygnał DKi,
styki 35, 36, 38, 39 – sygnały z czujników prędkości obrotowej,
styk 40 – włącznik testowy hamulców,
styk 42 – włącznik świateł hamowania,
styk 30 – sterowanie lampki kontrolnej,
styk 21 – sterowanie przekaźnika lampki kontrolnej,

styk 49 – zacisk 15,
styki 50, 51 – stałe połączenie z zaciskiem 30,
styki 41, 23 – złącze diagnostyczne,
styki 25, 28 – blokada elektromagnetyczna,
styk 32 – informacja zwrotna z wyłącznika ciśnienia napełniania zbiornika,
styki 27, 55 – sterowanie zaworu zwiększania ciśnienia,
styki 26,54 – sterowanie zaworu zmniejszania ciśnienia,
styk 33 – sygnał z wyłącznika napełniania.
styki 24, 52, 52 – masa.

15.5. Elektroniczna regulacja amortyzatorów

Konwencjonalne ustalenie relacji pomiędzy sprężystością i tłumieniem drgań układu zawieszenia w samochodzie jest zawsze kompromisem pomiędzy dążeniem do właściwego komfortu jazdy i wymogami bezpieczeństwa. Zastosowanie elektroniki umożliwiło wybór różnych charakterystyk tłumienia drgań przez amortyzatory dzięki zastosowaniu i odpowiedniemu sterowaniu zaworów elektromagnetycznych (rys. 15.36).



Rys. 15.36
Przykładowe charakterystyki tłumienia z dwoma zaworami nastawczymi

Za pomocą programatora kierowca ma możliwość wyboru jednego z trzech ustawień (jazda komfortowa, normalna i sportowa).

Urządzenie sterujące przetwarza zarówno wybrane przez kierowcę ustawienia, jak też inne sygnały wejściowe, określające aktualne parametry dynamiki jazdy.

Zawory elektromagnetyczne w amortyzatorach są tak sterowane, aby wybór kierowcy mógł być możliwie najpełniej uwzględniony, równocześnie jednak zagwarantowane było jak największe bezpieczeństwo jazdy.

Chwilowe parametry dynamiki ruchu są obliczane na podstawie informacji o prędkości jazdy oraz przyspieszeniu poziomym i pionowym nadwozia. Przyspieszenie poziome jest mierzone za pomocą czujników przyspieszenia wzdłużnego i poprzecznego, a przyspieszenie pionowe (wynikające z nierówności nawierzchni) – za pomocą czujników przyspieszenia odrębnie na przedniej i na tylnej osi (rys. 15.37).

Sygnały wejściowe	**Przetwarzanie**	**Sygnały wyjściowe**
Życzenie kierowcy Prędkość pojazdu Przyspieszenie poprzeczne Przyspieszenie wzdłużne Przyspieszenie pionowe z przodu/z tyłu Zasilanie napięciem	**URZĄDZENIE STERUJĄCE** ↑ ↓ Diagnoza	4 × 2 zawory elektromagnetyczne Lampka kontrolna/ostrzegawcza albo wskazanie komputera

Rys. 15.37
Przegląd układu regulacji amortyzatorów

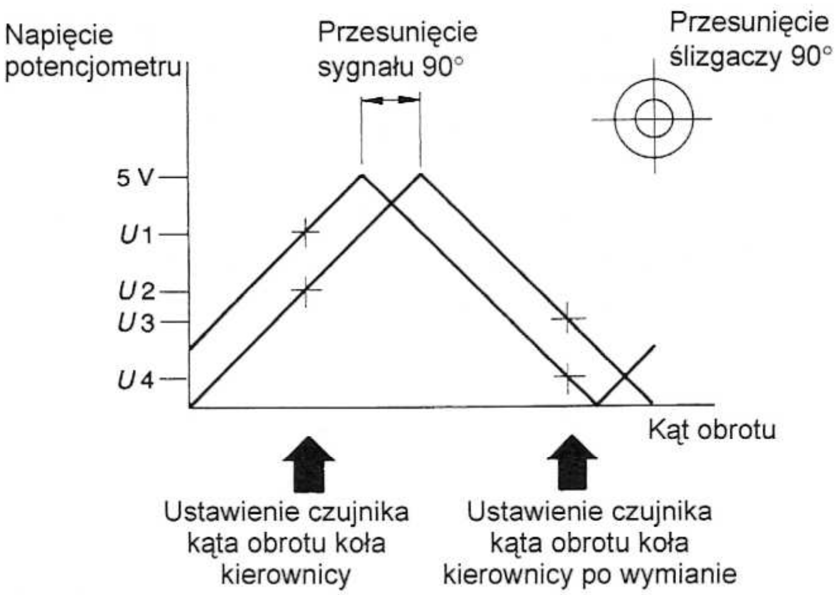
Urządzenie sterujące rozpoznaje **żądanie kierowcy** na podstawie położenia przełącznika i sygnału masy, wysyłanego odpowiednim przewodem. Brak sygnału (także w przypadku przerwanego przewodu doprowadzającego) oznacza na ogół najsilniejsze tłumienie (program jazdy sportowej).

Prędkość jazdy jest ustalana na podstawie sygnału o prostokątnej charakterystyce i zmiennej częstotliwości. Brak informacji o prędkości jazdy także powoduje ustawienie najsilniejszego tłumienia (ze względów bezpieczeństwa).

Przyspieszenie poprzeczne (jazda na zakręcie) jest mierzone przez czujnik przyspieszenia poprzecznego, tak jak w przypadku regulowanej blokady mechanizmu różnicowego.

Wskazane jest także uwzględnienie położenia kątowego koła kierownicy. Ponieważ obrót kierownicą wyprzedza zmianę położenia samochodu, więc jest możliwa szybka regulacja amortyzatorów, zanim rozpocznie się przechył nadwozia. Regulacja stopnia tłumienia amortyzatorów zależy od prędkości samochodu oraz od wielkości i częstości ruchów kierownicą. Kąt obrotu koła kierownicy jest mierzony za pomocą czujnika bezpośrednio na kierownicy. Czujnik kąta obrotu koła kierownicy składa się z podwójnego potencjometru z dwoma stykami ślizgowymi, przestawionymi względem siebie o 90° (rys. 15.38).

Na podstawie zmiany rezystancji i wynikającego z tego spadku napięcia urządzenie sterujące rozpoznaje i kontroluje ruchy kierownicy. W razie braku sygnału



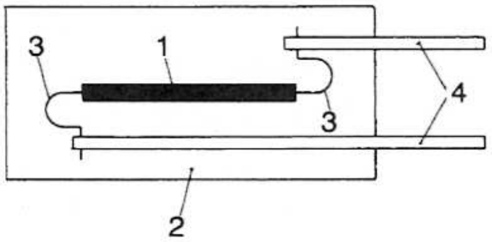
Rys. 15.38
Sposób działania podwójnego potencjometru

z czujnika kąta obrotu koła kierownicy nie może być wybrane najbardziej „miękkie" tłumienie. Ze względów bezpieczeństwa jest możliwe tylko ustawienie „średnie" i „twarde". Po wymianie czujnika kąta obrotu kierownicy urządzenie sterujące otrzymuje przez złącze diagnostyczne informację o neutralnym położeniu koła kierownicy (jazda na wprost). Położenie to jest samoczynnie adaptowane przez urządzenie sterujące.

Przyspieszenie wzdłużne (hamowanie, przyspieszanie) może być rozpoznane na podstawie położenia przepustnicy albo przez kontrolowanie ciśnienia hamowania.

Wskazane jest jednak zastosowanie czujnika przyspieszenia, którego pomiary są znacznie dokładniejsze. Można wtedy także rozpoznać wielkość rzeczywistego przyspieszenia lub opóźnienia.

Jako czujnik przyspieszenia stosuje się element piezoelektryczny z własnym sygnałem masy (rys. 15.39). Po zmianie prędkości wzdłużnej pojazdu czujnik wysyła do urządzenia sterującego sygnał proporcjonalny do wartości przyspieszenia.



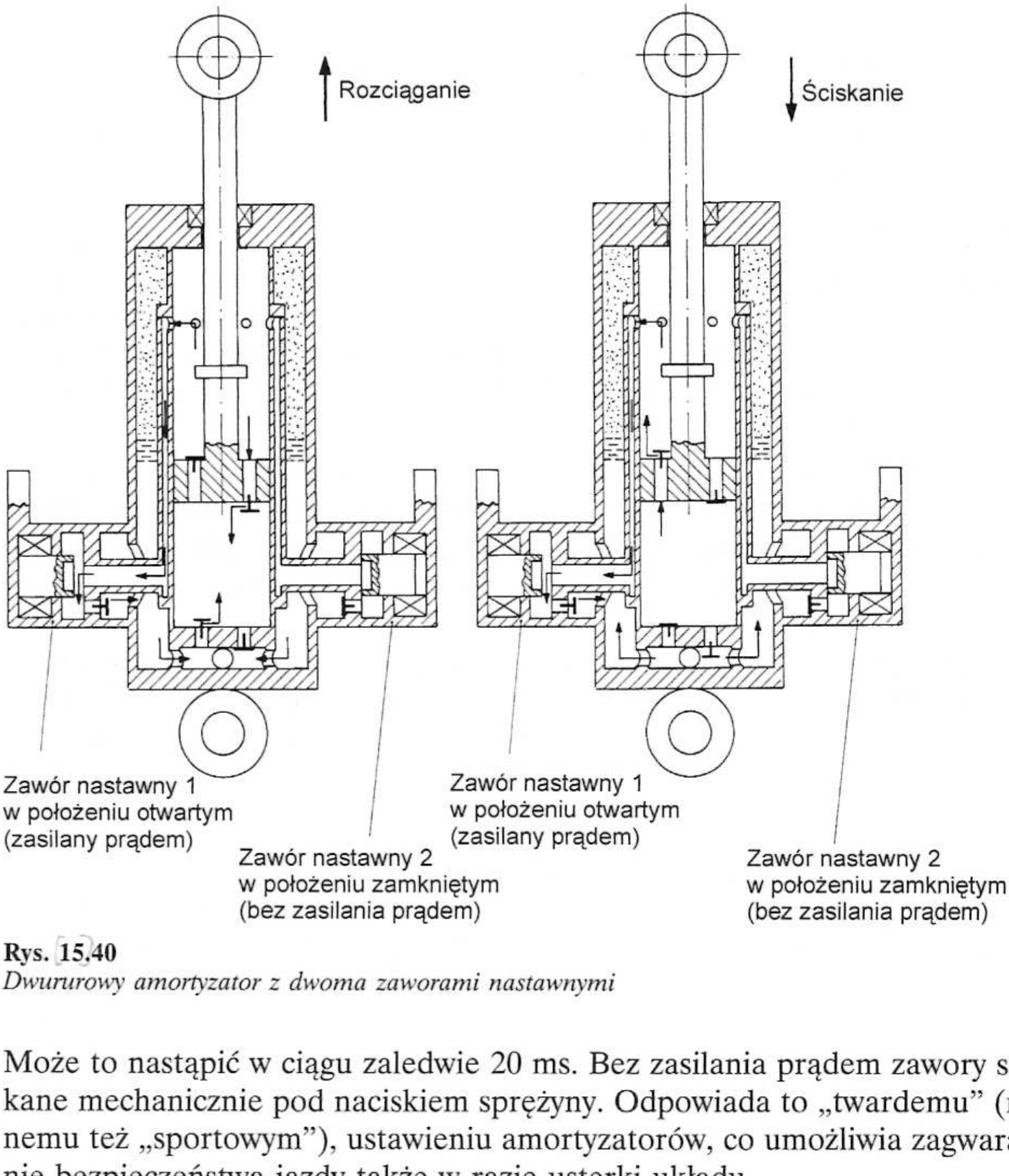
Rys. 15.39
Budowa półprzewodnikowego czujnika przyspieszenia DMS (schemat)
1 – siatka pomiarowa, 2 – folia nośna, 3 – przewód łączący ze złota, 4 – przyłącza elektryczne

Usterka czujnika przyspieszenia może być rozpoznana tylko przez urządzenie sterujące w trakcie samodiagnozowania i zapisana w pamięci w postaci kodu usterek. Przy braku sygnału albo jego nieprawidłowej wartości zarejestrowanej przez urządzenie sterujące, są możliwe do uzyskania tylko „średnie" i „twarde" ustawienia amortyzatorów.

Dotyczy to także, identycznie zbudowanych i działających, czujników przyspieszenia pionowego. Jeden z nich jest umieszczony na osi przedniej, drugi na tylnej. Na podstawie ich sygnałów urządzenie sterujące mierzy przyspieszenie pionowe,

spowodowane nierównościami drogi oraz wynikające z tego ruchy nadwozia i następuje regulacja amortyzatorów z zadaniem utrzymania częstości i amplitudy ruchów nadwozia w takich granicach, żeby silne uderzenia nie były przenoszone na nadwozie.

Zawory elektromagnetyczne w amortyzatorach są sterowane impulsami prądu stałego (rys. 15.40). Zasilane są bezpośrednio z urządzenia sterującego (plus i minus). Zmiana położenia zaworów jest osiągana przez zmianę natężenia prądu.



Rys. 15.40
Dwururowy amortyzator z dwoma zaworami nastawnymi

Może to nastąpić w ciągu zaledwie 20 ms. Bez zasilania prądem zawory są zamykane mechanicznie pod naciskiem sprężyny. Odpowiada to „twardemu" (nazywanemu też „sportowym"), ustawieniu amortyzatorów, co umożliwia zagwarantowanie bezpieczeństwa jazdy także w razie usterki układu.

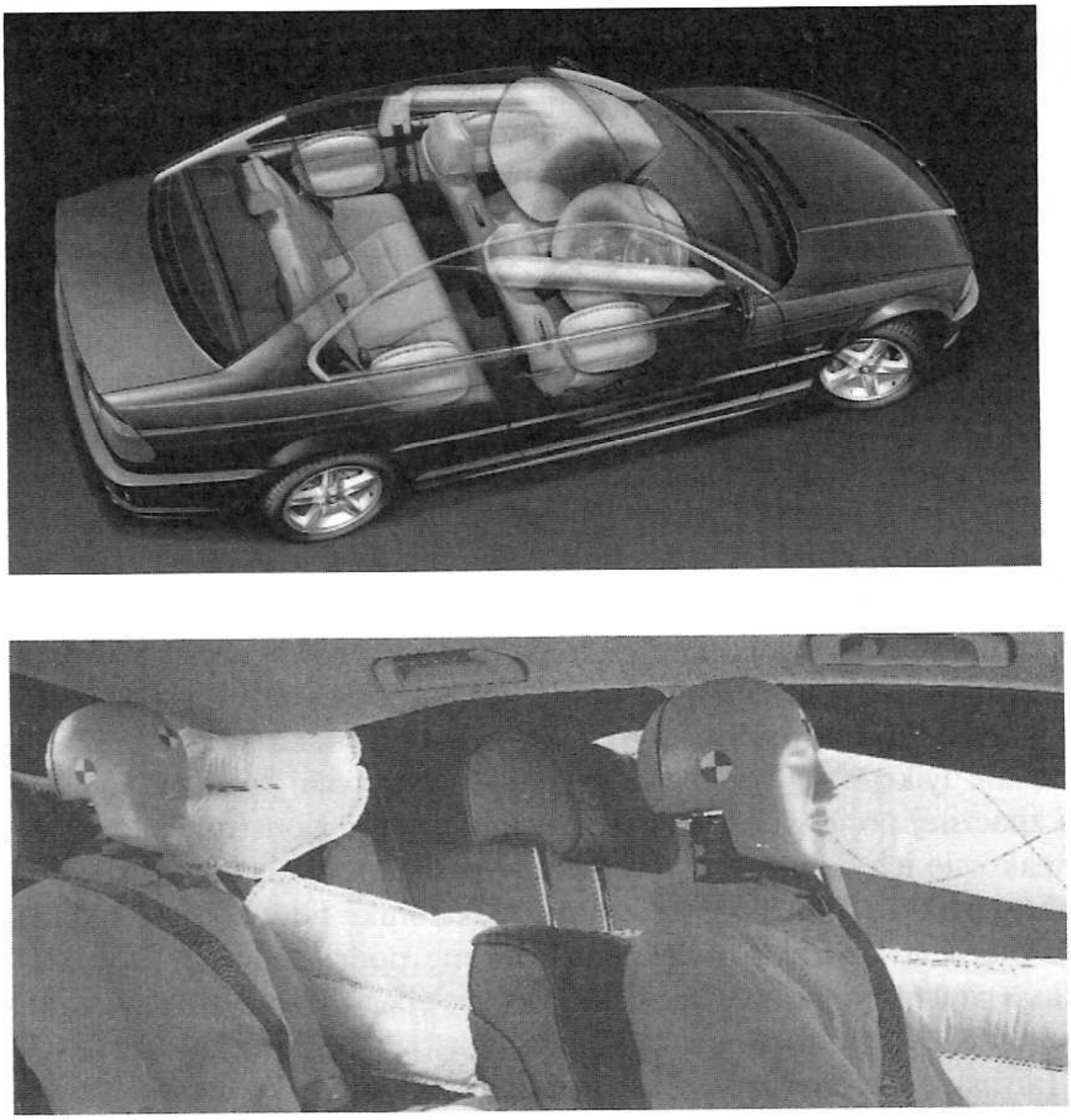
Awaria układu regulacji amortyzatorów może być sygnalizowana lampką kontrolną albo wygaszeniem oświetlenia wskaźnika programatora. W rozwiązaniach niektórych producentów usterka układu regulacji amortyzatora może być stwierdzona tylko za pomocą testera diagnostycznego.

16. Układy bezpieczeństwa biernego

16.1. Wprowadzenie

Pomimo nieustannie zwiększającego się natężenia ruchu drogowego, ciągły rozwój techniki samochodowej umożliwia zmniejszanie liczby osób zabitych i ciężko poszkodowanych w wypadkach samochodowych. W ostatnich latach było to możliwe dzięki poprawie nie tylko bezpieczeństwa czynnego (porównaj rozdział 15), ale głównie dzięki znacznej poprawie bezpieczeństwa biernego. Konstrukcje nadwozia bada się w zakresie ich deformacji w wyniku wypadku podczas testów zderzeniowych (**crashtest**).Także nowe zastosowania elektroniki i dodatkowe układy bezpieczeństwa biernego znacznie zwiększają ochronę podróżujących. Do układów takich zalicza się trzypunktowe (bezwładnościowe) pasy bezpieczeństwa z napinaczami oraz coraz więcej rozwiązań poduszek gazowych, potocznie zwanych powietrznymi (airbag), napełniających się podczas zderzenia. Poduszki gazowe opatentowano już w latach 50. XX wieku. W końcu lat 70. zaczęto je stosować w Stanach Zjednoczonych, w których przepisy w zakresie bezpieczeństwa są dość rygorystyczne, lecz nie ma obowiązku zapinania pasów bezpieczeństwa podczas jazdy. Początkowo montowano poduszki gazowe tylko dla kierowcy, potem także dla pasażera siedzącego na przednim siedzeniu. Nie ulega wątpliwości, że zapięte trzypunktowe pasy bezpieczeństwa z napinaczami pasów i poduszki gazowe doskonale się uzupełniają oraz wspólnie gwarantują bardzo dobrą ochronę. Z racji obowiązku zapinania pasów w Europie dopasowany jest odpowiednio, czyli podwyższony, próg uruchamiania się poduszki podczas wypadku (wielkość opóźnienia). Po uderzeniu samochodu w przeszkodę z mniejszą prędkością zadanie utrzymania pasażerów na siedzeniach przejmują pasy bezpieczeństwa. Dopiero po uderzeniach z większymi prędkościami uruchamia się dodatkowo poduszka (jedna lub więcej) gazowa. Poduszka nie może zastąpić pasów bezpieczeństwa.

Stosowanie poduszek gazowych kierowcy i pasażera na przednim siedzeniu przyjęło się dopiero w końcu lat 80. i to najpierw w samochodach wyższej klasy. W połowie lat 90. pojawiły się poduszki boczne, a kilka lat później tzw. kurtyny powietrzne, czyli dodatkowe poduszki górne chroniące głowę. Obecnie standardem jest wyposażanie samochodu w poduszki gazowe przednie i boczne dla podróżujących na przednich siedzeniach i w trzypunktowe pasy bezpieczeństwa

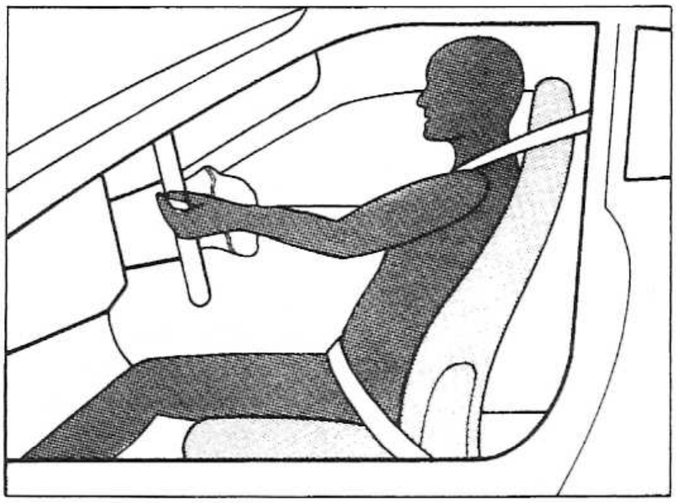


Rys. 16.1
Usytuowanie poduszek gazowych w samochodzie

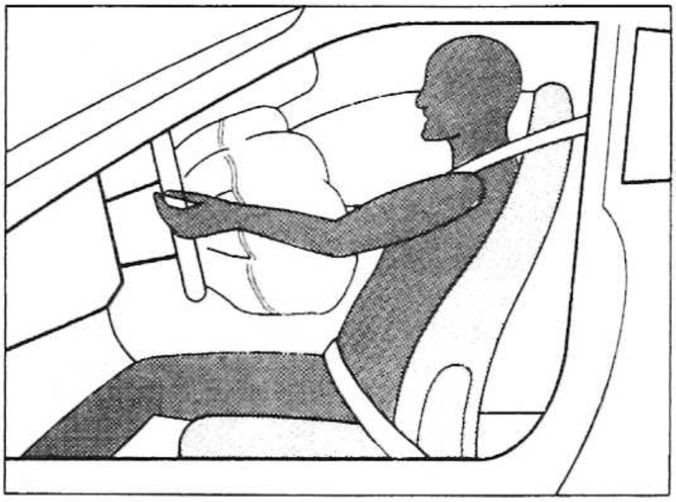
z napinaczami. Samochody wyższej klasy mają do dziesięciu poduszek: kierowcę i pasażera z przodu chronią poduszki przednie, boczne i górne (głowa); pasażerów z tyłu zabezpieczają poduszki boczne i górne. Do tego wszyscy podróżni mają trzypunktowe pasy bezpieczeństwa z napinaczami. Poduszkami i napinaczami pasów steruje urządzenie sterujące. Na rysunku 16.1 pokazano miejsca montowania poduszek gazowych w samochodzie.

16.2. Budowa i działanie przednich poduszek gazowych

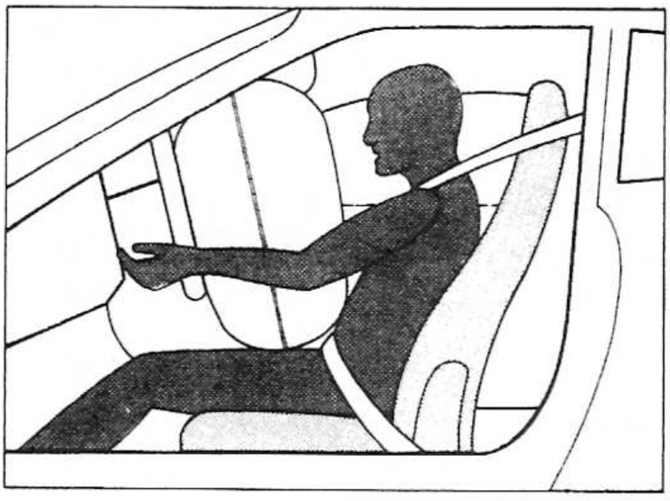
Skutkiem czołowego zderzenia mogą być znaczne obrażenia kierowcy i pasażera siedzącego z przodu, gdyby uderzyli w kierownicę, tablicę rozdzielczą albo wypadli przez przednią szybę. Zapięty pas bezpieczeństwa (najlepiej z regulowanym napinaczem) znacznie łagodzi skutki zderzenia, ale przy większych prędkościach nie może ich całkiem wykluczyć. Niezwykle przydatne są poduszki gazowe, umieszczo-



Rys. 16.2
Stan poduszki gazowej po około 10 milisekundach od uderzenia o przeszkodę z prędkością ok. 80 km/h. Samochód jest silnie opóźniany, próg wyzwalania poduszki został przekroczony, ładunek odpalony.

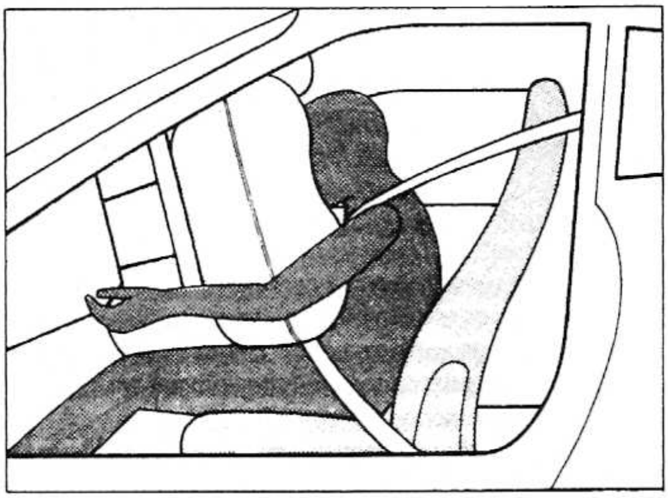


Rys. 16.3
Po około 20 ms. Poduszka zaczyna się napełniać gazem. Ciało kierowcy przemieszcza się do przodu, strefa zgniotu przodu samochodu jest już częściowo zdeformowana.

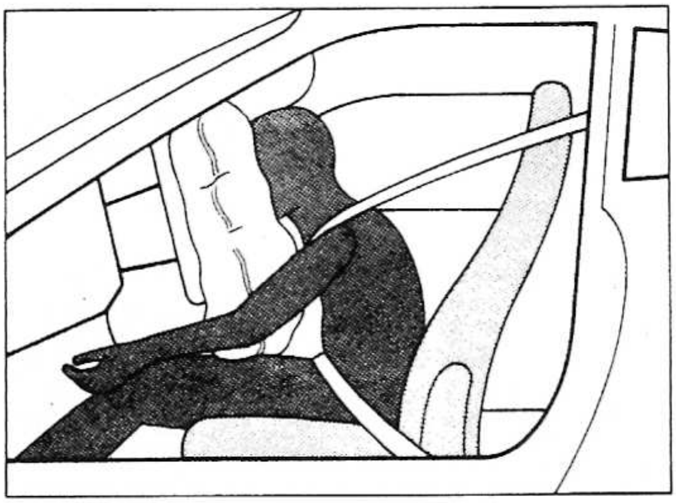


Rys. 16.4
Po około 30 ms. Poduszka jest całkowicie napełniona gazem. Energia uderzenia została już częściowo zmniejszona przez naciągający się pas bezpieczeństwa.

ne w kolumnie kierownicy i w tablicy rozdzielczej naprzeciwko pasażera, które napełniają się gazem w ułamku sekundy. Przebieg napełniania i zachowanie poduszki kierowcy wyjaśniono na rysunkach 16.2 do 16.6. Wymienione tam czasy w samochodach różnych marek mogą być nieco inne. Są one zależne także od przebiegu deformacji stref kontrolowanego zgniotu nadwozia.



Rys. 16.5
Po około 80 ms. Twarz i górna część ciała kierowcy uderza o poduszkę, która zaczyna się opróżniać szczelinami od strony kierownicy. Cała strefa zgniotu jest już zdeformowana, samochód się zatrzymuje

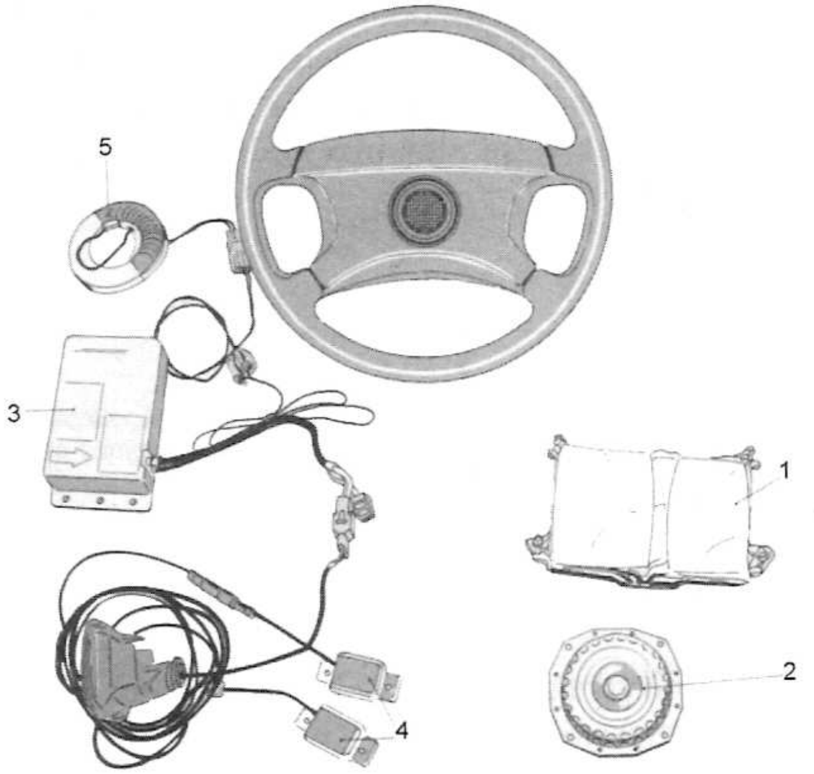


Rys. 16.6
Po około 120 ms. Poduszka jest prawie pusta. Ciało kierowcy zaczynana się przemieszczać z powrotem w stronę oparcia siedzenia

Czas reakcji poduszki pasażera jest nieco inny niż poduszki kierowcy. Chodziło jednak o przedstawienie budowy i sposobu działania poduszek na przykładzie poduszki kierowcy. Początkowo zespół poduszki gazowej dla kierowcy składał się z (rys. 16.7):

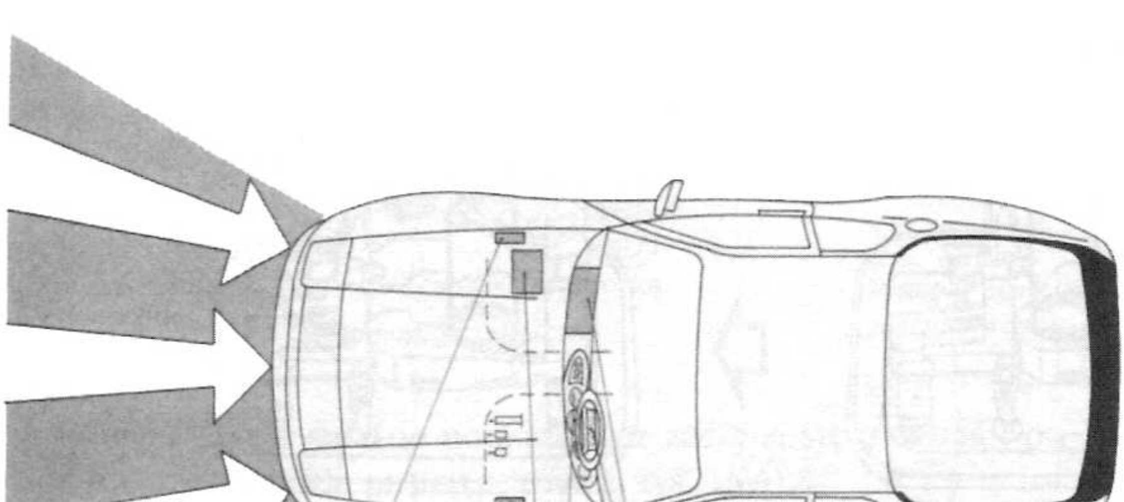
- nadmuchiwanego worka ze szczelinowymi otworami,
- wytwornicy gazu z detonatorem do napełnienia poduszki,
- elektronicznego urządzenia wyzwalającego (sterującego) z wbudowanym czujnikiem przyspieszenia (uderzenia), kondensatorem (jako akumulatorem energii) i przetwornikiem napięcia,
- lampki kontrolnej nadzorującej zespół,
- jednego albo dwóch (zależnie od producenta) przednich czujników przyspieszenia, których zadaniem było zapobieżenie nieuzasadnionemu otwarciu poduszek (współcześnie nie ma już potrzeby stosowania takich czujników),
- sprężyny spiralnej mającej zagwarantować pewny styk elektryczny kolumny kierownicy z kołem kierownicy (nie wszyscy producenci stosowali to rozwiązanie).

Stosowane rozmieszczenie elementów zespołu przednich poduszek gazowych kierowcy i pasażera oraz zakres ich reakcji po czołowym zderzeniu (obszar do 30° w bok od osi podłużnej samochodu) przedstawiono na rysunku 16.8.



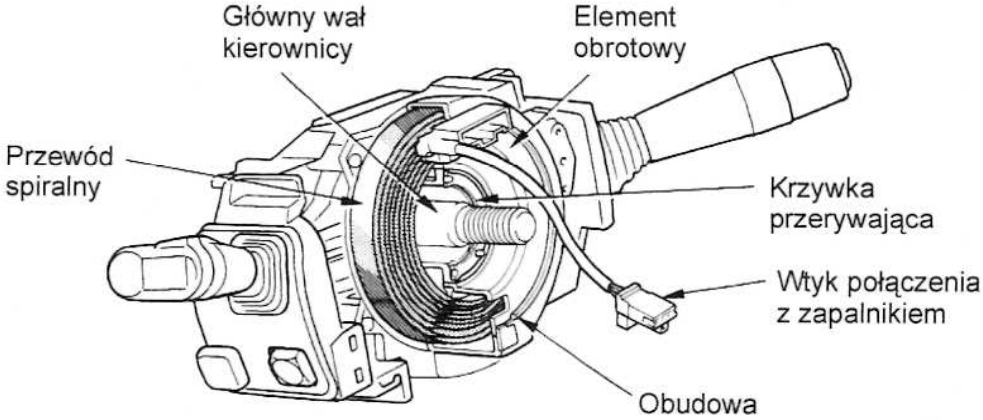
Rys. 16.7
Elementy składowe zespołu poduszki gazowej
1 – napełniany gazem worek poduszki
2 – wytwornica gazu z zapalnikiem pirotechnicznym
3 – urządzenie sterujące
4 – przednie czujniki
5 – przewód spiralny

Sprawność zespołu poduszek gazowych jest na bieżąco kontrolowana i sygnalizowana lampką kontrolną. Po włączeniu zasilania elektrycznego (począwszy od 1. pozycji wyłącznika zapłonu) lampka zaczyna się świecić i gaśnie po ok. 4 do 6 sekundach, jeżeli nadzorujący obwód elektroniczny w urządzeniu sterującym nie wykryje usterki i potwierdzi sprawność zespołu. Kiedy dojdzie do czołowego zderzenia z przeszkodą i zostanie przekroczony zdefiniowany z góry próg opóźnienia



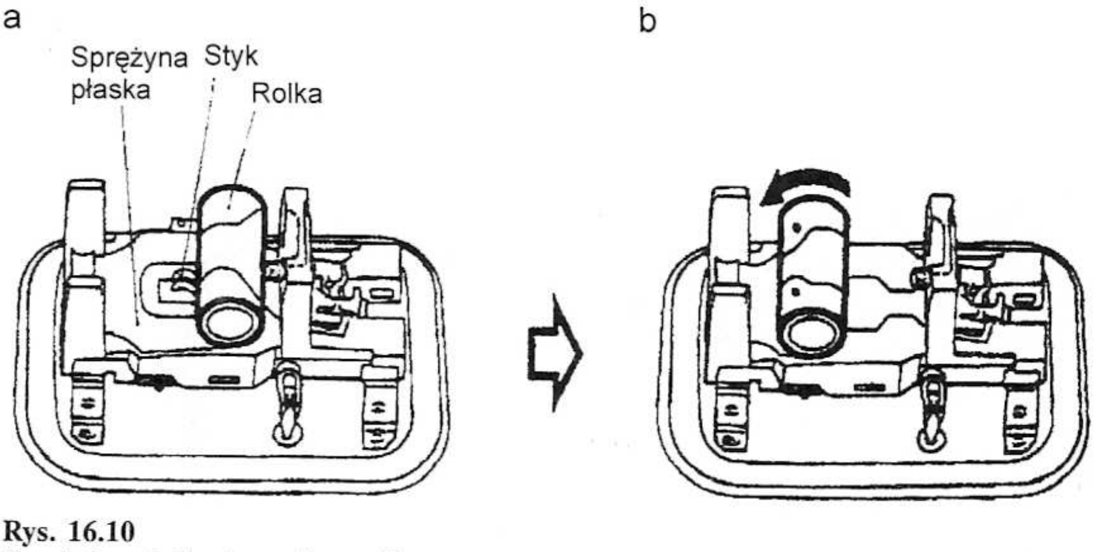
Rys. 16.8
Rozmieszczenie elementów zespołu przednich poduszek gazowych i obszar ich działania
1 – przednie czujniki przyspieszenia, 2 – urządzenie sterujące z czujnikiem bezpieczeństwa, 3 – poduszki kierowcy i pasażera, 4 – lampka kontrolna na tablicy instrumentów

pojazdu, wtedy umieszczony w urządzeniu sterującym odbiornik sygnału z czujnika przyspieszenia uwalnia prąd zapłonu, który płynie przewodem do wytwornicy gazu i detonatora. W poduszce kierowcy, dla zagwarantowania pewności styku, jest stosowana często **sprężyna zwijana** (także spiralny przewód albo zwój) zamiast typowego połączenia ślizgowego (rys. 16.9).



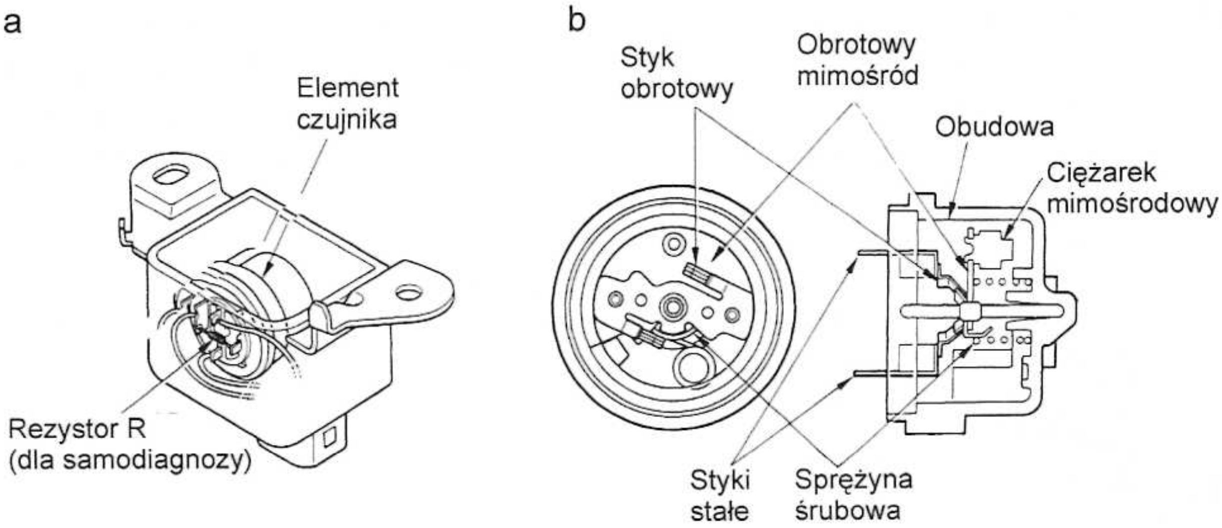
Rys. 16.9
Przewód spiralny

Napięcie zapłonu detonatora (ok. 35 V) ma zagwarantować kondensator w urządzeniu sterującym także w razie przerwania, w wyniku wypadku, zasilania z akumulatora pojazdu. Jeżeli zastosowano przednie czujniki przyspieszenia, to przynajmniej jeden z nich musi zewrzeć dodatkowy zestyk. Na rysunkach 16.10 i 16.11 przedstawiono dwa różne rozwiązania przednich czujników przyspieszenia.



Rys. 16.10
Przedni czujnik zderzenia z rolką:
a) położenie spoczynkowe, b) położenie z odpowiednio ustawionym opóźnieniem działania

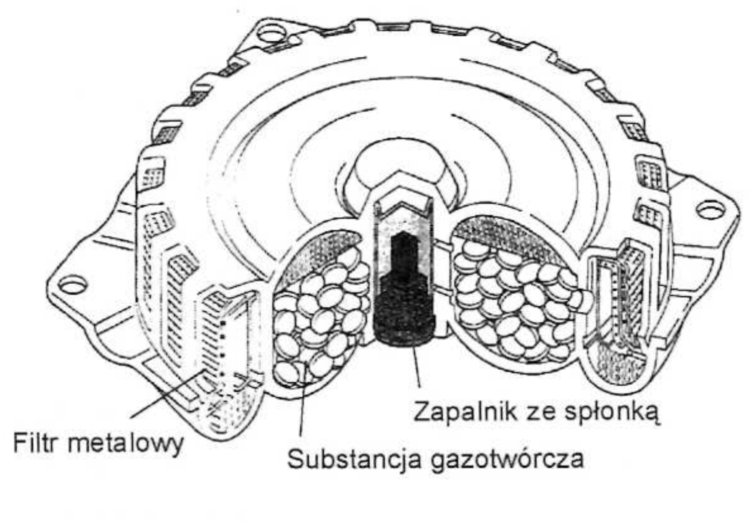
W pierwszym z nich na sprężystej bieżni z zestykiem jest umieszczona rolka (rys. 16.10). W drugim mimośrodowy wirnik z przeciwciężarem obraca się pokonując opór sprężyny śrubowej tak, aby zewrzeć styk obrotowy ze stykiem stałym.



Rys. 16.11
Przedni czujnik zderzenia z masą bezwładną na sprężynie: a) widok, b) przekrój

Doprowadzony do spłonki prąd zapłonu powoduje jej detonację w **wytwornicy** (generatorze) **gazu** (rys. 16.12), zawierającej stałą substancję wytwarzającą gaz. Wyzwalający się gaz przed skierowaniem do poduszki jest oczyszczany i schładzany w metalowym filtrze.

Po około 30 ms poduszka jest całkowicie napełniona gazem. Pojemność poduszki gazowej może wynosić, zależnie od producenta, do 80 l. Przez szczeliny

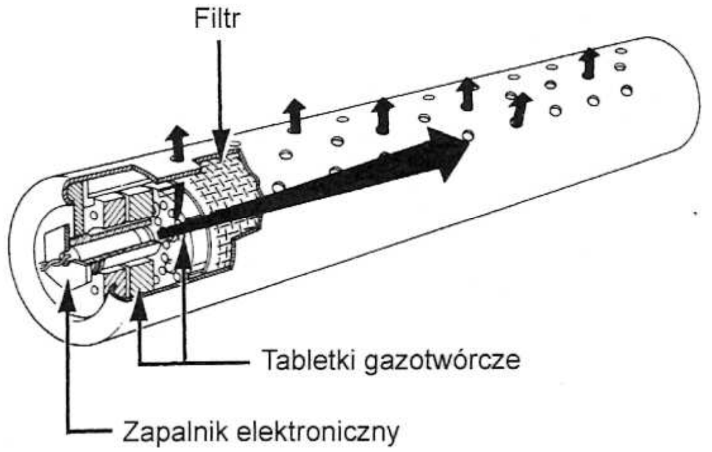


Rys. 16.12
Przekrój pierścieniowego generatora gazu

znajdujące się na spodzie poduszki gaz zaczyna się ulatniać i po 100 do 120 ms poduszka jest prawie pusta (porównaj rys. 16.6).

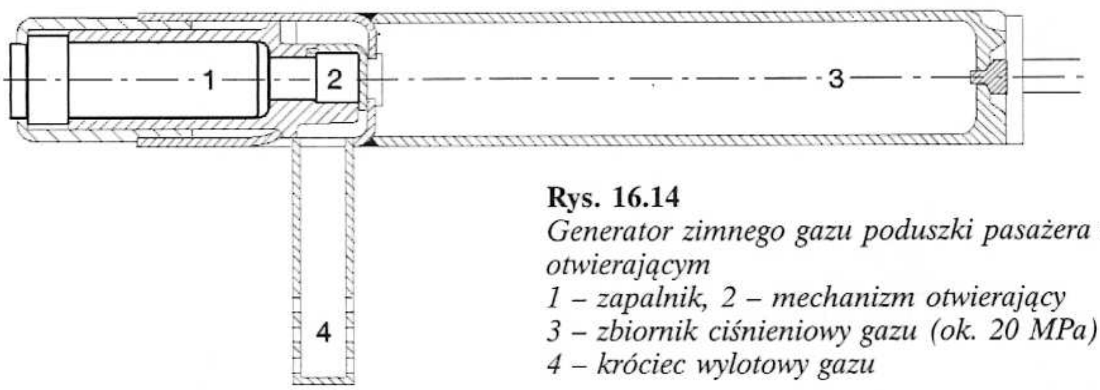
Poduszka pasażera ma pojemność do 150 l (zależnie od producenta) i dlatego jest napełniana przez dwie pierścieniowe wytwornice gazu odpalane w krótkich odstępach czasu (5 do 10 ms). W zespole poduszki pasażera często jest używana **rurowa wytwornica gazu** (rys. 16.13). Jej rola jest podobna jak wytwornicy pierścieniowej. Różnica polega na tym, że używany jest tu zimny gaz ze zbiornika ciśnieniowego, zawierającego gaz pod ciśnieniem do 20 MPa (rys. 16.14). Podczas wypadku, w wyniku detonacji zapalnika, zbiornik zostaje otwarty i poprzez króciec wylotowy sprężony gaz płynie ze zbiornika do poduszki napełniając ją. Także po-

duszka pasażera opróżnia się przez szczeliny na jej spodzie, niezależnie od tego jaki rodzaj wytwornicy gazu zastosowano. Na ogół obie poduszki, kierowcy i pasażera, są uruchamiane jednocześnie. Od niedawna niektórzy producenci stosują w obu poduszkach dwustopniowe wytwornice gazu, które są odpalane w różnych



Rys. 16.13
Rurowy generator gazu

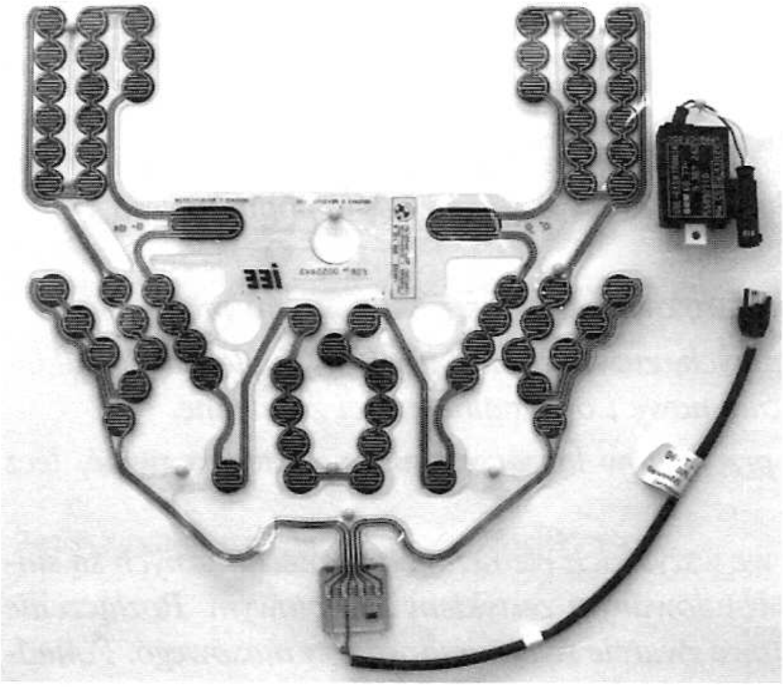
odstępach czasu, zależnie od rodzaju i rozmiarów zderzenia. W ten sposób jest osiągana optymalna ochrona. Rozwijanie się poduszki pasażera w sytuacji, kiedy nikt tam nie siedzi podczas wypadku jest niepotrzebne i powoduje tylko wzrost kosztów naprawy. W celu uniknięcia takich sytuacji w niektórych samochodach montuje się w siedzisku przedniego siedzenia pasażera urządzenia elektroniczne



Rys. 16.14
Generator zimnego gazu poduszki pasażera z mechanizmem otwierającym
1 – zapalnik, 2 – mechanizm otwierający
3 – zbiornik ciśnieniowy gazu (ok. 20 MPa)
4 – króciec wylotowy gazu

rozpoznające, czy siedzenie to jest zajęte. Jest to mata umieszczona pod materiałem obiciowym siedzenia, zawierająca czujniki ciśnienia i niewielki podzespół elektroniczny przetwarzający sygnały z tych czujników (rys. 16.15).

Począwszy od obciążenia ok. 12 kg podzespół elektroniczny wysyła do urządzenia sterującego układu poduszek gazowych sygnał informujący, że siedzenie pasażera jest zajęte. Jeżeli siedzenie nie jest zajęte, wówczas w razie czołowego zderzenia z przeszkodą uruchamia się tylko poduszka kierowcy. Działanie podzespołu rozpoznającego obecność pasażera na przednim siedzeniu jest na stałe nadzorowana przez urządzenie sterujące. Brak sygnału z podzespołu elektronicznego w macie powoduje świecenie się lampki ostrzegawczej i układ (ze względów bezpieczeństwa) zachowuje się tak, jakby siedzenie pasażera było zajęte. Wówczas w razie wypadku otwierają się obie przednie poduszki.



Rys. 16.15
Mata SBE z czujnikami i urządzeniem elektronicznym do rozpoznawania obecności pasażera na siedzeniu

16.3. Nadzorowanie układu i przepisy bezpieczeństwa

Niezaświecenie się lampki kontrolnej po włączeniu zapłonu, świecenie się na stałe światłem ciągłym lub pulsującym (różne rozwiązania producentów) oznacza wykrycie przez urządzenie sterujące usterki w układzie poduszek gazowych. Układ może być niezdolny do działania częściowo albo całkowicie. W takim przypadku należy odczytać kody usterek zawarte w pamięci diagnostycznej i wymienić wadliwe elementy układu. Producenci na ogół nie dopuszczają możliwości samodzielnego naprawiania elementów składowych układu poduszek.

Zarówno w układzie poduszek gazowych jak też napinaczy pasów bezpieczeństwa występują elementy pirotechniczne. Dlatego też obchodzenie się z nimi, przewożenie i składowanie podlega odpowiednim przepisom prawa o materiałach wybuchowych. Podczas napraw i prac związanych z tymi układami należy pamiętać, że błąd ludzki może mieć ciężkie następstwa (obrażenia ciała, a nawet śmierć).

Poniższe uwagi zestawiono wedle najlepszej wiedzy i woli, ale mogą nie zawierać wszystkich możliwych przypadków i dlatego należy bezwzględnie przestrzegać wszystkich przepisów bezpieczeństwa.

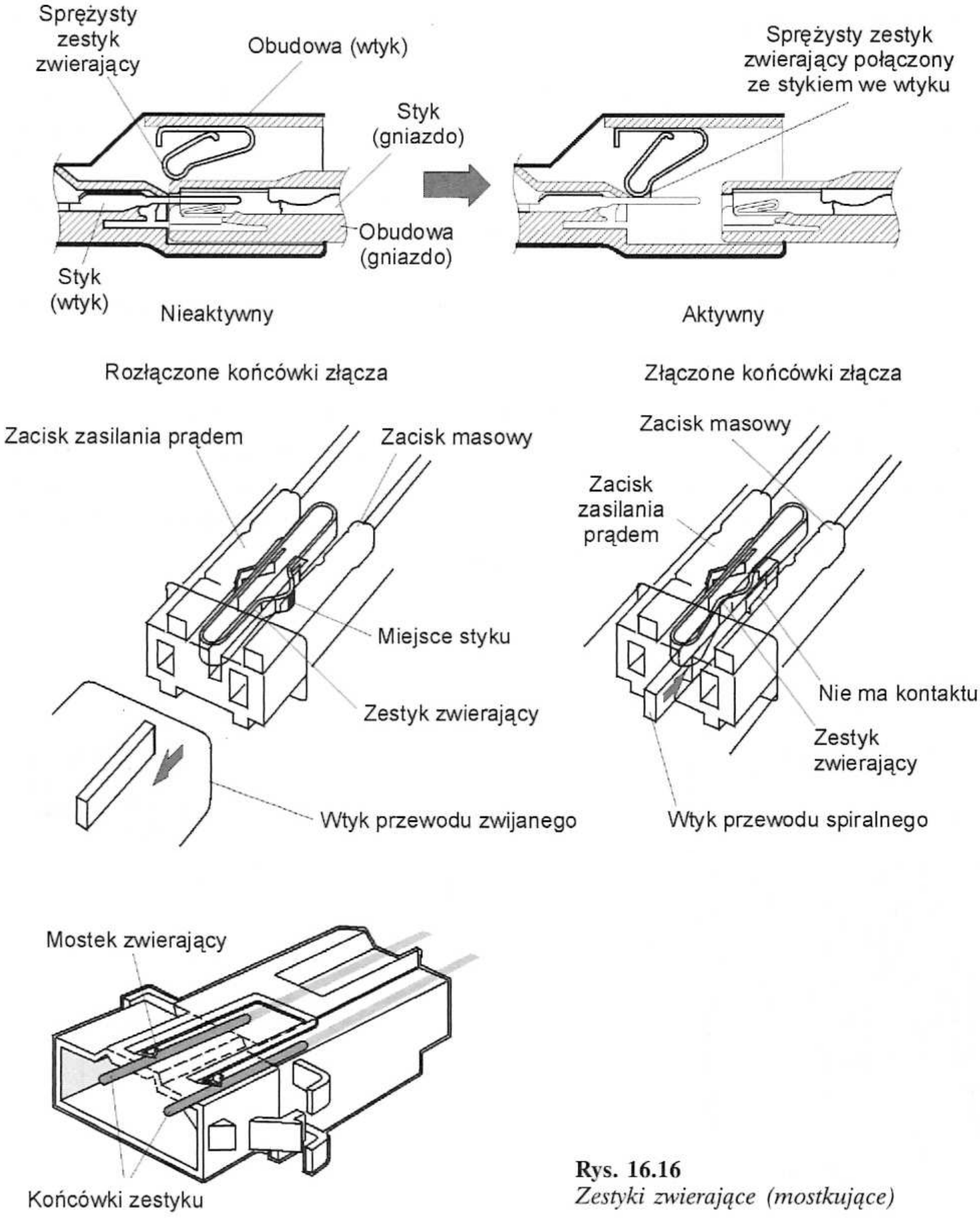
Prace montażowe i demontażowe powinni przeprowadzać z największą starannością jedynie odpowiednio przeszkoleni pracownicy.

- *Podczas wszystkich prac nad poduszkami gazowymi i napinaczami pasów należy wyłączać obwód bezpieczeństwa albo odłączyć zasilanie elektryczne od akumulatora. Należy to także zrobić przed rozpoczęciem prac spawalniczych i prostowaniem nadwozia.*

- *Po przerwaniu obwodu zasilania elektrycznego należy odczekać kilka minut w celu upewnienia się, że kondensator(y) zapłonowy(we) w urządzeniu sterującym całkowicie się rozładował(y).*
- *Układy utrzymujące pasażerów na miejscu mogą być sprawdzane tylko za pomocą zalecanych przez producenta testerów i przewodów pomiarowych i tylko w stanie całkowicie zmontowanym.*
- *Układy te należy regularnie kontrolować zgodnie z zaleceniami producenta.*
- *Nie wolno stosować uszkodzonych, zużytych albo używanych elementów układu. Należy montować wyłącznie nowe i oryginalne części zamienne.*
- *Uszkodzonych elementów i przewodów łączących nie wolno naprawiać, lecz wymieniać na nowe.*
- *Ze względów bezpieczeństwa we wszystkich elementach pirotechnicznych są stosowane złącza elektryczne z wbudowanym zestykiem zwarciowym. Rozłączenie złącza powoduje natychmiastowe zwarcie styku prądowego i masowego. Ponadto są stosowane różne mechanizmy blokowania złącza w celu zagwarantowania jego niezawodności. Po zakończeniu prac naprawczych należy zawsze skontrolować poprawność działania złącz i ich zabezpieczeń. Jedynym sposobem naprawy jest ich wymiana. Na rysunku 16.16 pokazano niektóre rodzaje złącz.*
- *Układy utrzymujące pasażerów na miejscu nie mogą być w jakikolwiek sposób zmieniane, np. przez dodatkowe naklejki, osłony albo przez zmianę ich położenia w samochodzie.*
- *Elementy pirotechniczne należy wmontowywać natychmiast po ich pobraniu z magazynu. Nie wolno ich zostawiać w pomieszczeniu bez nadzoru.*
- *Po wymontowaniu kompletnej poduszki gazowej należy ją kłaść miękką stroną (roboczą) do góry (wytwornica gazu musi być pod spodem).*
- *Elementy układu nie mogą mieć kontaktu z olejem, smarem, wodą, środkami czystości itp.*
- *Należy unikać temperatur powyżej 100°C, nawet przez krótką chwilę.*
- *Podczas ponownego włączania zasilania elektrycznego nikt nie może znajdować się wewnątrz pojazdu.*
- *Elementy pirotechniczne można transportować i składować tylko w oryginalnych opakowaniach. Dotyczy to także wszystkich innych elementów układu, jeżeli są odsyłane z powrotem do producenta.*
- *Elementy pirotechniczne można przewozić wyłącznie w bagażniku albo w skrzyni ładunkowej pojazdu.*

Jeżeli podczas wypadku zadziałają układy utrzymujące pasażerów na miejscu wskazane jest wymontowanie i zabezpieczenie urządzenia sterującego, mogącego być materiałem dowodowym. Dotyczyć to może także innych elementów układu, które nie zadziałały.

W samochodach wyposażonych w poduszkę pasażera na przednim siedzeniu nie można montować fotelików do przewozu dzieci zwróconych w kierunku jazdy,



Rys. 16.16
Zestyki zwierające (mostkujące)

gdyż grozi to śmiercią po rozwinięciu się poduszki w czasie wypadku. Jeśli jest to możliwe, trzeba wówczas wyłączyć poduszkę pasażera na życzenie klienta. W tym celu należy przeprogramować urządzenie sterujące i na wszelki wypadek rozłączyć przewody prowadzące do poduszki. Tego rodzaju życzenie należy sformułować na piśmie i zażądać podpisania dokumentu przez klienta.

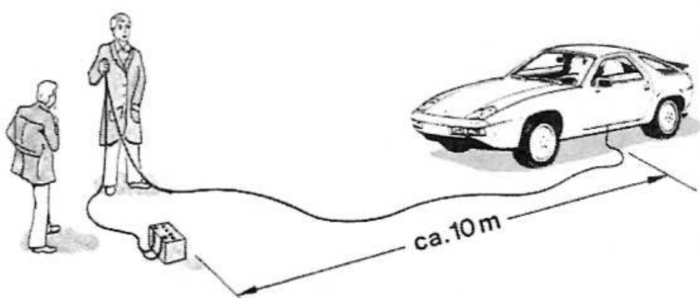
Po wypadku, w którym uruchomione zostały poduszki, należy je wymienić na nowe wraz ze wszystkimi elementami związanymi: pokrywy poduszki; detonatory; wytwornice gazu i przednie czujniki przyspieszenia (jeżeli występują). Niekiedy konieczna jest także wymiana urządzenia sterującego i wszystkich innych części

zalecanych przez producenta. Podobnie postępuje się z pirotechnicznymi napinaczami pasów bezpieczeństwa.

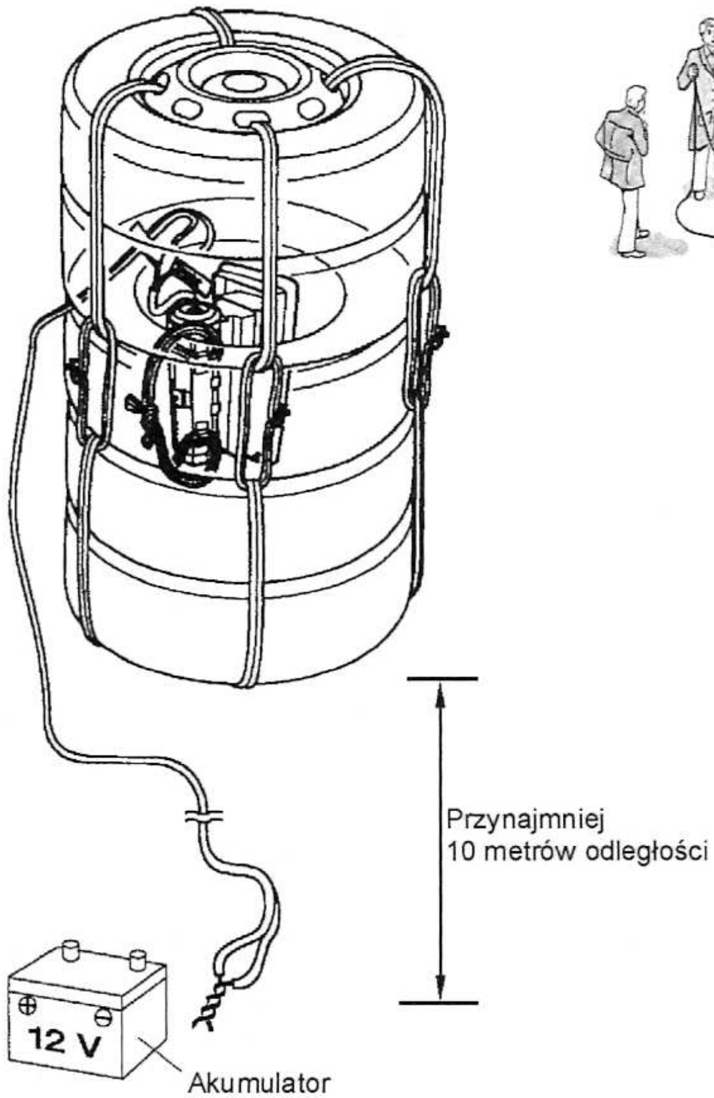
Przed złomowaniem samochodu należy zdalnie zdetonować wszystkie nie uruchomione jeszcze poduszki gazowe i pirotechniczne napinacze pasów. Jeżeli producent to przewiduje, poduszki i napinacze są uruchamiane za pomocą specjalnych przewodów detonujących. Kiedy zdalna detonacja nie jest możliwa, wtedy należy wymontować z samochodu wszystkie elementy pirotechniczne i odesłać je producentowi.

Podczas zdalnej detonacji jeden przewód mocuje się do elementu pirotechnicznego, a drugi do akumulatora.

Zdalne detonowanie różnego rodzaju poduszek gazowych przeprowadza się bezpośrednio w samochodzie (rys. 16.17) albo w pojemniku ze starych opon, jak to przedstawiono na rysunku 16.18 i opisano na końcu tego punktu. W obu przypadkach należy zabrać wszystkie nie zamocowane na stałe przedmioty ze strefy napełniania się poduszki i zachować bezpieczny odstęp 10 metrów od miejsca odpalania poduszek (dotyczy to także osób postronnych).

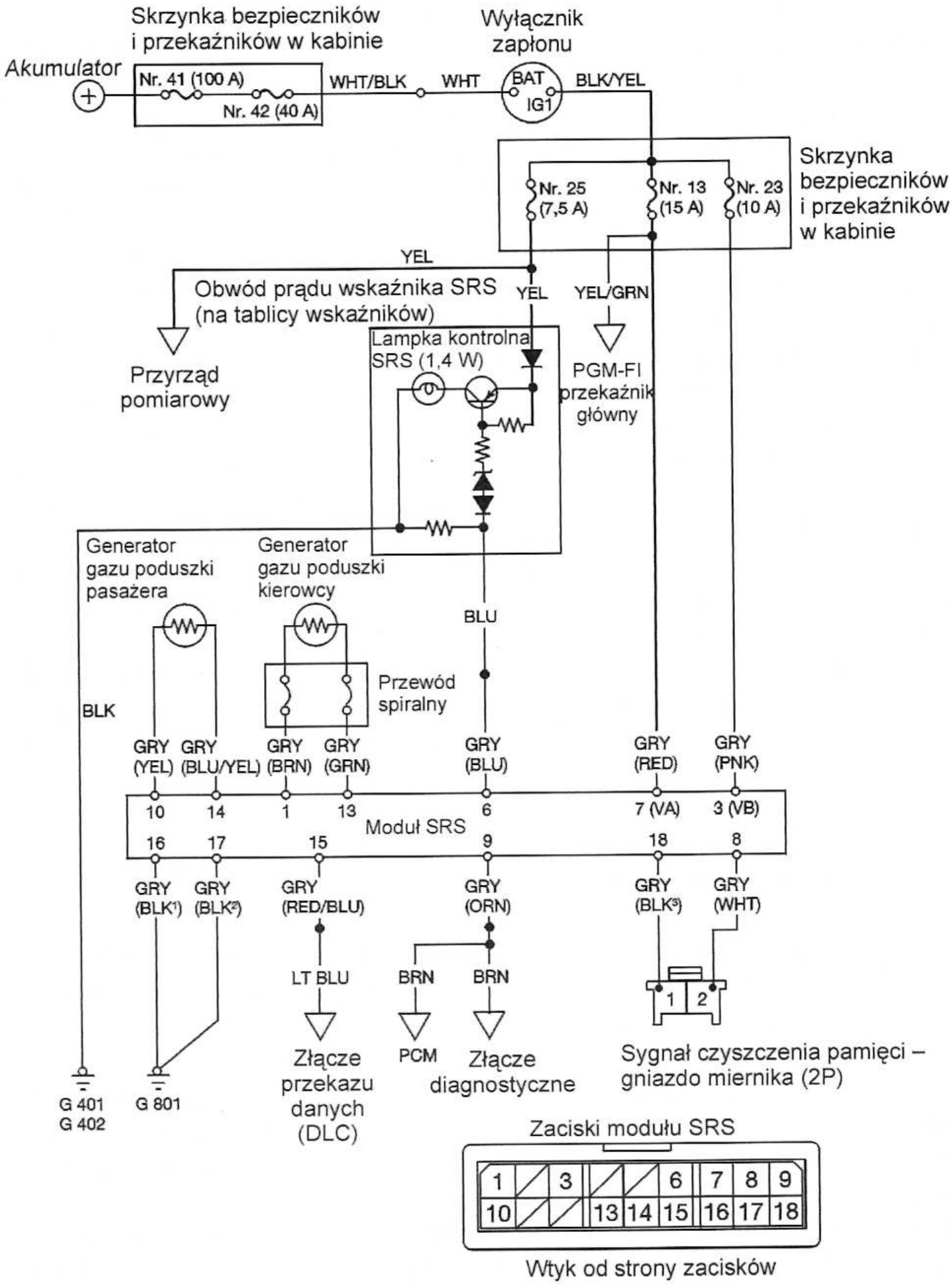


Rys. 16.17
Zdalne wyzwalanie poduszki gazowej



Rys. 16.18
Zdalne wyzwalanie poduszki gazowej

Samochód albo opony umieścić w odpowiednim miejscu na wolnej przestrzeni i uprzedzić osoby znajdujące się w najbliższym otoczeniu o przygotowywanej detonacji (hałas).



Rys. 16.19
Schemat ideowy układu przednich poduszek gazowych (SRS)

Po zdetonowaniu trzeba ostudzić zespół poduszki (pod nadzorem). W razie niepowodzenia detonacji należy odczekać kilka minut przed zbliżeniem się do samochodu albo zestawu opon.

Konstrukcję do detonacji buduje się (rys. 16.18) z czterech starych opon bez obręczy i jednej opony z obręczą, która służy do „zasznurowania" zestawu. Najpierw łączy się ze sobą za pomocą drutu po dwie opony. Do piątej opony mocuje się drutem poduszkę tak, aby mogła się swobodnie rozwinąć do wnętrza stosu. Do obu złączy elektrycznych wytwornicy gazu przyłącza się przewody elektryczne o długości co najmniej 10 m. Parę opon bez obręczy umieszcza się na dole, na niej oponę z detonowaną poduszką, a parę opon z obręczą na górze i łączy się wszystkie opony w stos. Detonację wywołuje się przyłączając oba przewody do biegunów akumulatora.

Po opisaniu wszystkich zaleceń związanych z bezpieczeństwem zostaną omówione pokrótce procedury kontrolne. Zawsze należy zacząć od przeglądu zawartości pamięci diagnostycznej. Do tego są potrzebne właściwe testery diagnostyczne albo specjalne czytniki kodów usterek. Stosowane początkowo urządzenia wyświetlające kody usterek nie są już używane. Ponadto jest szczególnie ważne, jak we wszystkich układach elektronicznych, sprawdzenie zasilania elektrycznego (plus, minus, masa). Przez pomiar rezystancji sprawdza się lampkę kontrolną, spiralny przewód (połączenie zwijane) i czujniki przednie, jeżeli występują. Należy sprawdzić mocowanie i dobry styk wszystkich zacisków i złączy wtykowych, obejrzeć wszystkie przewody i mierząc ich rezystancję upewnić się, że nie ma przerw w obwodzie. Na rysunku 16.19 przedstawiono przykładowy schemat elektryczny układu z przednimi poduszkami gazowymi kierowcy i pasażera.

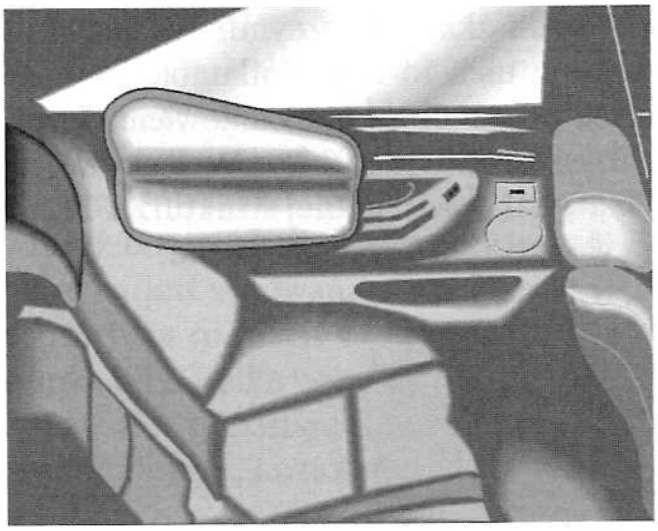
Podczas prac nad układami zawierającymi elementy pirotechniczne należy ściśle przestrzegać wyżej omówionych zasad bezpieczeństwa. Odnoszą się one także do opisanych dalej układów poduszek gazowych i pirotechnicznych napinaczy pasów bezpieczeństwa.

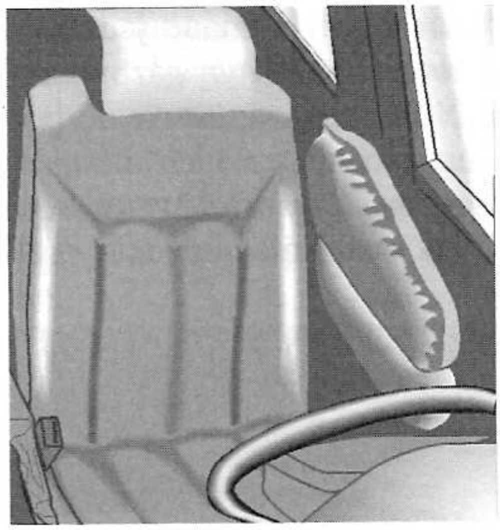
16.4. Boczne poduszki gazowe

Boczne poduszki gazowe mają pojemność 10 do 20 litrów. Umieszcza się je w fotelach albo w drzwiach (rysunki 16.20 i 16.21). Występują także poduszki boczne dla podróżujących na tylnych siedzeniach.

Do napełniania poduszek używa się pierścieniowych albo rurowych wytwornic gazu albo wytwornic gazu zimnego (porównaj punkt 16.2). Podczas uderzenia bocznego nie ma kontrolowanej strefy zgniotu, dlatego uruchomienie poduszki i zajęcie przez nią właściwej pozycji musi nastąpić jeszcze szybciej, niż w poduszkach przednich.

Uderzenie boczne jest rozpoznawane w ciągu zaledwie 6 milisekund. Już po 20 ms poduszka jest napełniona i całkowicie gotowa do użytku. Aby uderzenie boczne i potrzeba uruchomienia poduszki zostały natychmiast i prawidłowo rozpoznane, po lewej i prawej stronie samochodu umieszczono możliwie najszerzej

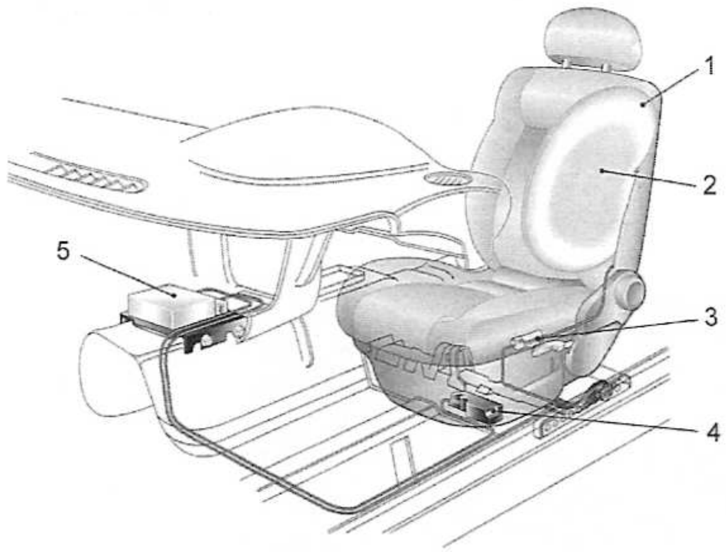




Rys. 16.20
Boczne poduszki gazowe Thorax z przodu i z tyłu; pojemność ok. 14 l

rozstawione czujniki. Po wymianie czujnika należy zachować jego położenie (może go wskazywać np. grot strzałki skierowany na zewnątrz).

Uruchamiana jest zawsze poduszka od strony uderzenia. Zadaniem poduszki bocznej jest zarówno złagodzenie skutków uderzenia w drzwi, szybę boczną itp., jak i przyspieszenie przemieszczenia się pasażerów w kierunku środka pojazdu. Dzięki temu zmniejszone zostają największe obciążenia działające na ich ciała.

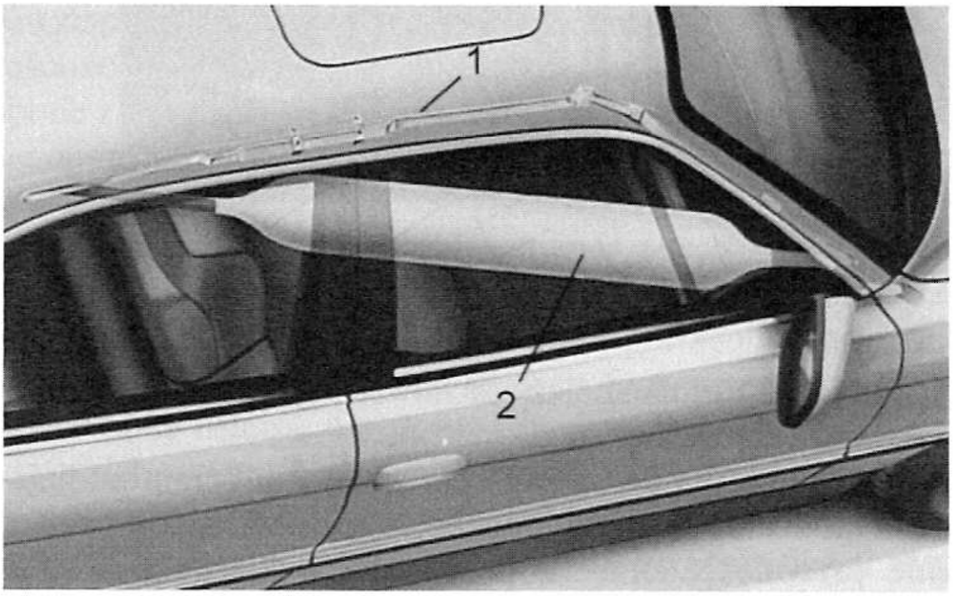


Rys. 16.21
Usytuowanie poduszek bocznych
1 – profilowane oparcie fotela
2 – poduszka boczna
3 – połączenie wtykowe
4 – czujnik
5 – urządzenie sterujące

16.5. Kurtyny gazowe

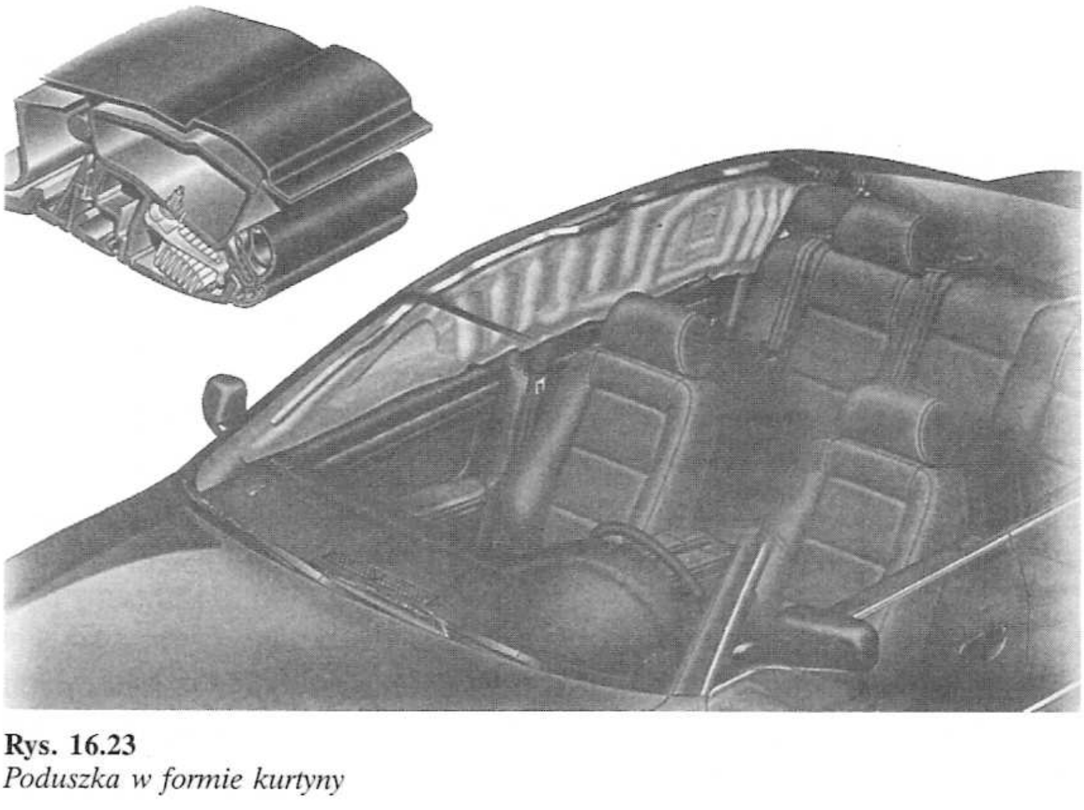
Podczas uderzenia bocznego, pomimo ochrony ze strony bocznych poduszek, siły działające na głowę i kręgi szyjne są bardzo duże. W celu zmniejszenia także tych obciążeń, w uzupełnieniu poduszek bocznych (działających na poziomie miednicy i klatki piersiowej), opracowano kurtyny gazowe, chroniące głowę i szyję.

Kurtyny są uruchamiane jednocześnie z poduszkami bocznymi. Istnieją dwa różne rozwiązania kurtyn gazowych. Pierwsze z nich to **ITS** (Inflatable Tubular Structure). W przeciwieństwie do pozostałych poduszek są one całkowicie szczelne, tzn. nie może się z nich ulatniać gaz uzyskany z wytwornicy. W kurtynie tej (a raczej rękawie, rys. 16.22) zastosowano materiał o szczególnej strukturze. Przed użyciem jest ona umieszczona w przednim słupku i na krawędzi dachu.



Rys. 16.22
Poduszka górna ITS
1 – nie napełniona
2 – napełniona

Dopiero po napełnieniu gazem pod ciśnieniem średnica rękawa wielokrotnie się zwiększa, ale długość zmniejsza się o około 10%. Dzięki temu kurtyna gazowa rozciąga się z siłą ok. 1500 N i przyjmuje przewidziane położenie. Pojemność wypełnionej poduszki wynosi 11 litrów.



Rys. 16.23
Poduszka w formie kurtyny

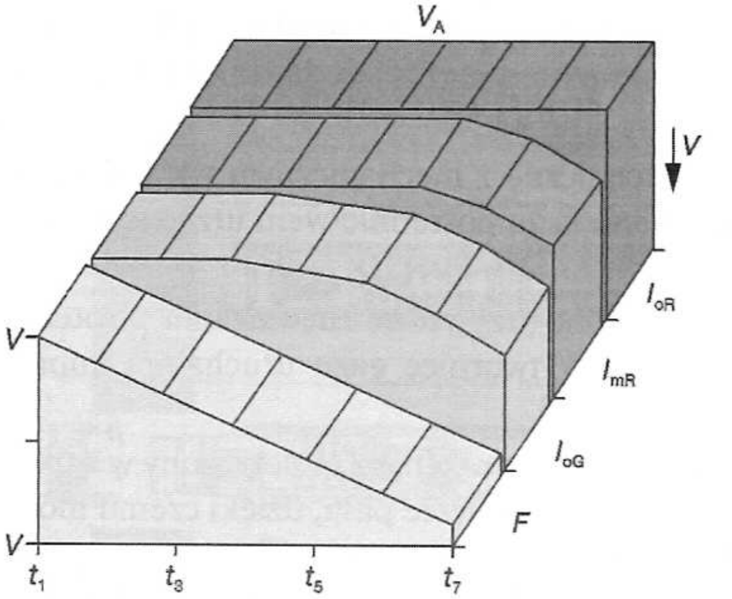
Jeden koniec rękawa wraz z wytwornicą gazu jest zamocowany u podstawy przedniego słupka, a drugi koniec w okolicy połączenia tylnego słupka z dachem.

Po wykonaniu prac blacharskich w miejscach mocowania rękawa albo po jego wymianie należy bardzo dokładnie odtworzyć punkty mocowania i ułożenie poduszki. Dotyczy to także drugiego rozwiązania kurtyny gazowej. W tym przypadku wzdłuż bocznych szyb rozwija się rodzaj zasłony, napełnionej gazem (rys. 16.23). Kurtyna jest schowana wzdłuż krawędzi dachu.

Kurtyna rozciąga się (zależnie od producenta) od przedniego do środkowego słupka albo wzdłuż obu bocznych szyb. Kurtyna nie zaczyna się od razu opróżniać z gazu, lecz pozostaje przez dłuższy czas napełniona w celu dalszej ochrony w razie ewentualnego „koziołkowania" samochodu.

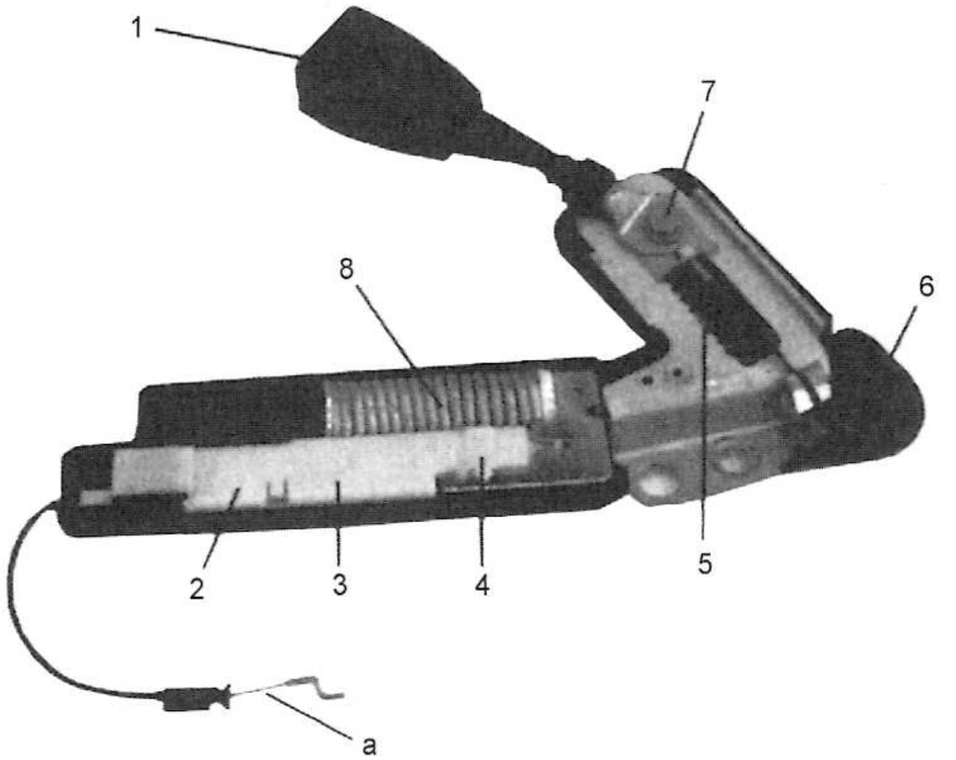
16.6. Pirotechniczne napinacze pasów

Najważniejszym i najoryginalniejszym rozwiązaniem w celu utrzymania kierowcy i pasażerów na siedzeniach jest niewątpliwie pas bezpieczeństwa, który gwarantuje, że ciało pasażera bierze udział w gwałtownym zwalnianiu samochodu w czasie wypadku. Im wcześniej pasażer uczestniczy w zwalnianiu samochodu, tym są mniejsze ekstremalne obciążenia jego ciała. W tym celu jest konieczny mocno zaciśnięty pas bezpieczeństwa. W rzeczywistości tak nie jest i podróżujący są przypięci dość luźno. Na rysunku 16.24 pokazano krzywe opóźnienia podczas wypadku w zależności od różnych czynników. Widać na nich jak ważne jest uniknięcie fazy bez pełnego zadziałania pasów bezpieczeństwa.



Rys. 16.24
Symulacja czołowego zderzenia z przeszkodą przy prędkości 50 km/h V_A *– opóźnienie w wyniku zderzenia,* $\downarrow V$ *– zmniejszanie prędkości,* V *– prędkość 0...50 km/h,* t_1 *– czas 0,* t_3 *– chwila rozpoczęcia opóźniania przez ciało pasażera* I_{oG}, t_5 *– chwila rozpoczęcia opóźniania przez ciało pasażera* I_{mR}, t_7 *– koniec opóźniania,* F *– opóźnianie samochodu,* I_{oG} *– opóźnianie ciała pasażera bez luzów pasa,* I_{mR} *– zwalnianie pasażera z luzami pasa,* I_{oR} *– opóźnianie ciała pasażera bez pasów*

W celu zlikwidowania **luzów pasa**, bez jednoczesnego ograniczania komfortu kierowcy i pasażera podczas jazdy, opracowano różne sposoby napinania pasa podczas wypadku. Istnieją dwie zasadnicze możliwości. Jedna to wykorzystanie



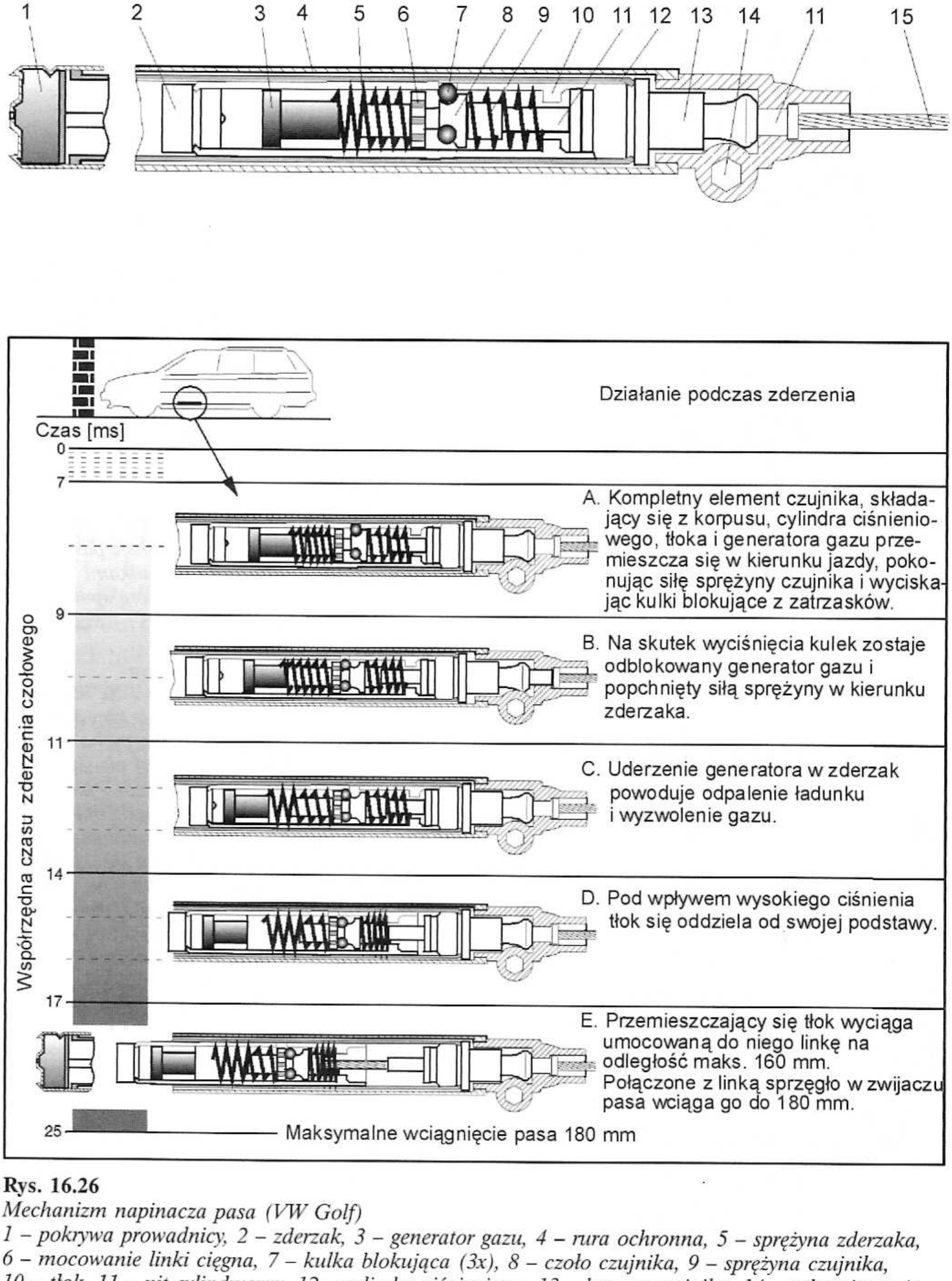
Rys. 16.25
Mechaniczny napinacz pasa
W stanie pogotowia – po czołowym zderzeniu mechaniczny czujnik zderzenia uruchamia napinacz. Napięta wstępnie sprężyna odciąga zapięcie pasa o ok. 55 mm. Pas w okolicy miednicy i ramion zostaje napięty.
1 – zapięcie pasa, 2 – miejsce zabudowy sprężyny czujnika, 3 – miejsce zabudowy ciężarka czujnika, 4 – miejsce zabudowy ramienia dźwigni, 5 – prowadnica blokady z zapadką, 6 – cięgno Bowdena, 7 – element blokujący, 8 – sprężyna napinająca, a – cięgno zabezpieczające

mechanizmu zwijania pasa do jego naprężenia (góra), a druga to naprężenie pasa przez odciągnięcie zapięcia (dół). Napinanie pasa w miejscu zapięcia może być mechaniczne; wymieniono je dla porządku ale nie jest już ono stosowane (rys. 16.25).

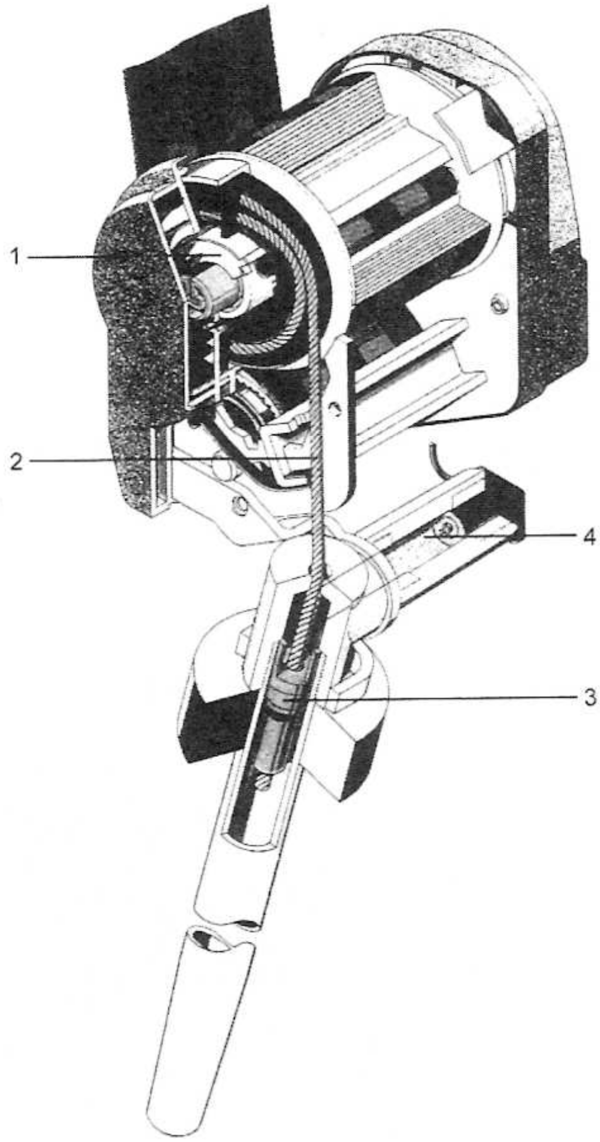
Współcześnie stosuje się układy pirotechniczne z mechanicznym wyzwalaniem (rys. 16.26) oraz z elektronicznym wyzwalaniem za pośrednictwem urządzenia sterującego poduszkami gazowymi.

Na rysunkach 16.27 do 16.29 przedstawiono trzy różne rozwiązania pirotechnicznych napinaczy pasów bezpieczeństwa. Wytwornicę gazu uruchamia impuls z urządzenia sterującego poduszkami gazowymi.

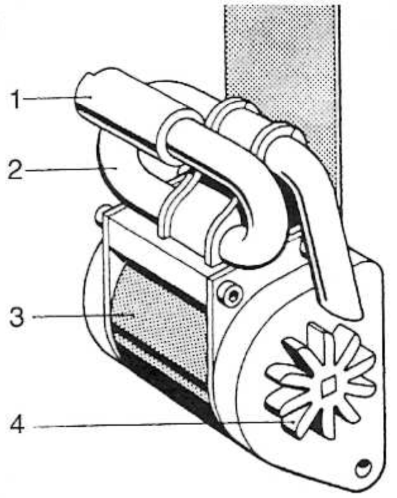
Na rysunku 16.30 przedstawiono pirotechniczny napinacz umieszczony w zapięciu pasa. Ma on dodatkowy zestyk, rozpoznający zapięcie pasa, dzięki czemu może być ustawiony wyższy próg uruchamiania poduszek gazowych. Wszystkie napinacze pasów, zarówno w zwijaczach, jak i w zapięciach, po zadziałaniu muszą być (podobnie jak poduszki) wymienione na nowe. Przy mechanicznych i półmechanicznych napinaczach pasów należy zwracać uwagę na ich właściwe mocowanie. Pirotechniczne napinacze pasów podlegają takim samym przepisom bezpieczeństwa jak poduszki gazowe (porównaj punkt 16.3).



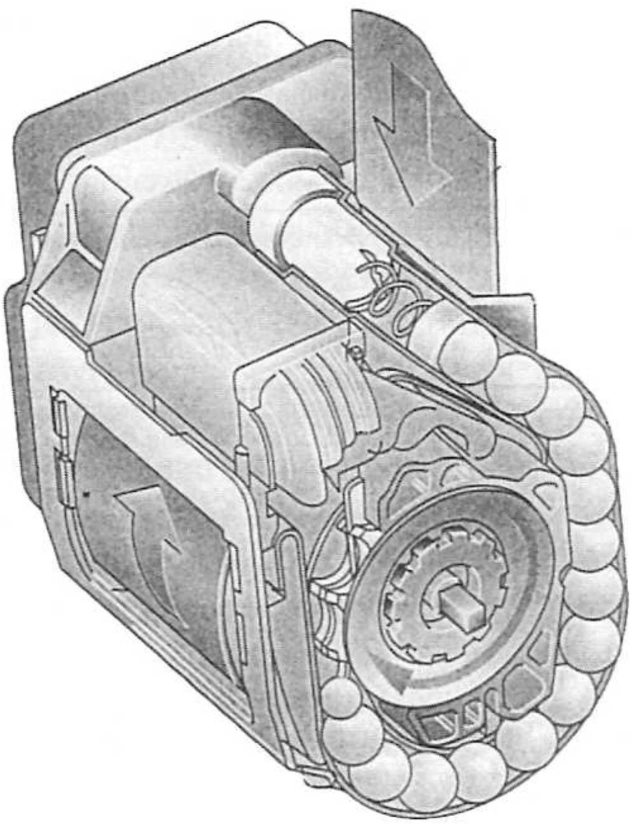
Rys. 16.26
Mechanizm napinacza pasa (VW Golf)
1 – pokrywa prowadnicy, 2 – zderzak, 3 – generator gazu, 4 – rura ochronna, 5 – sprężyna zderzaka, 6 – mocowanie linki cięgna, 7 – kulka blokująca (3x), 8 – czoło czujnika, 9 – sprężyna czujnika, 10 – tłok, 11 – nit cylindryczny, 12 – cylinder ciśnieniowy, 13 – korpus czujnika, 14 – zabezpieczenie transportowe, 15 – cięgno Bowdena



Rys. 16.27
Pirotechniczny, automatyczny napinacz pasa z blokadą. Na skutek eksplozji w cylindrze tłok się przesuwa i pociąga umocowaną do niego linkę stalową, która uruchamia zwijacz pasa. 1 – automatyczny zwijacz pasa bezpieczeństwa, 2 – linka stalowa, 3 – cylinder z tłokiem, 4 – generator gazu



Rys. 16.28
Pirotechniczny napinacz pasa 1 – obudowa z kapsułkami gazotwórczymi, komorą spalania i tłokiem, 2 – rura, 3 – zwijacz, 4 – wirnik turbinki
Pod wpływem impulsu elektrycznego zapalają się kapsułki gazotwórcze. Powstałe przy tym wysokie ciśnienie przepycha tłok przez rurę wypełnioną cieczą. Rozrywa się umieszczona na drugim końcu rury przepona uszczelniająca. Mieszanina wody z gliceryną wydobywa się z wielką prędkością z dyszy na końcu rury, skierowanej na wirnik turbinki. Połączony z wirnikiem wałek zwijacza pasa się obraca, napinając przy tym pas.



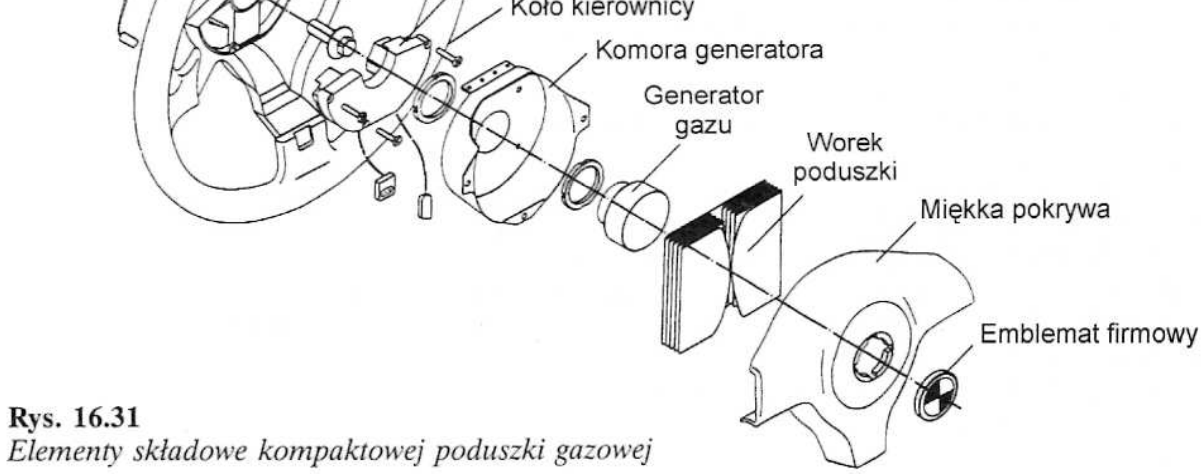
Rys. 16.29
Kulkowy napinacz pasa. Wybuch ładunku wprawia w ruch kulki, które przemieszczając się napędzają koło zębate. Koło jest odpowiednio połączone ze zwijaczem pasa, który obracając się likwiduje istniejące luzy pasa.



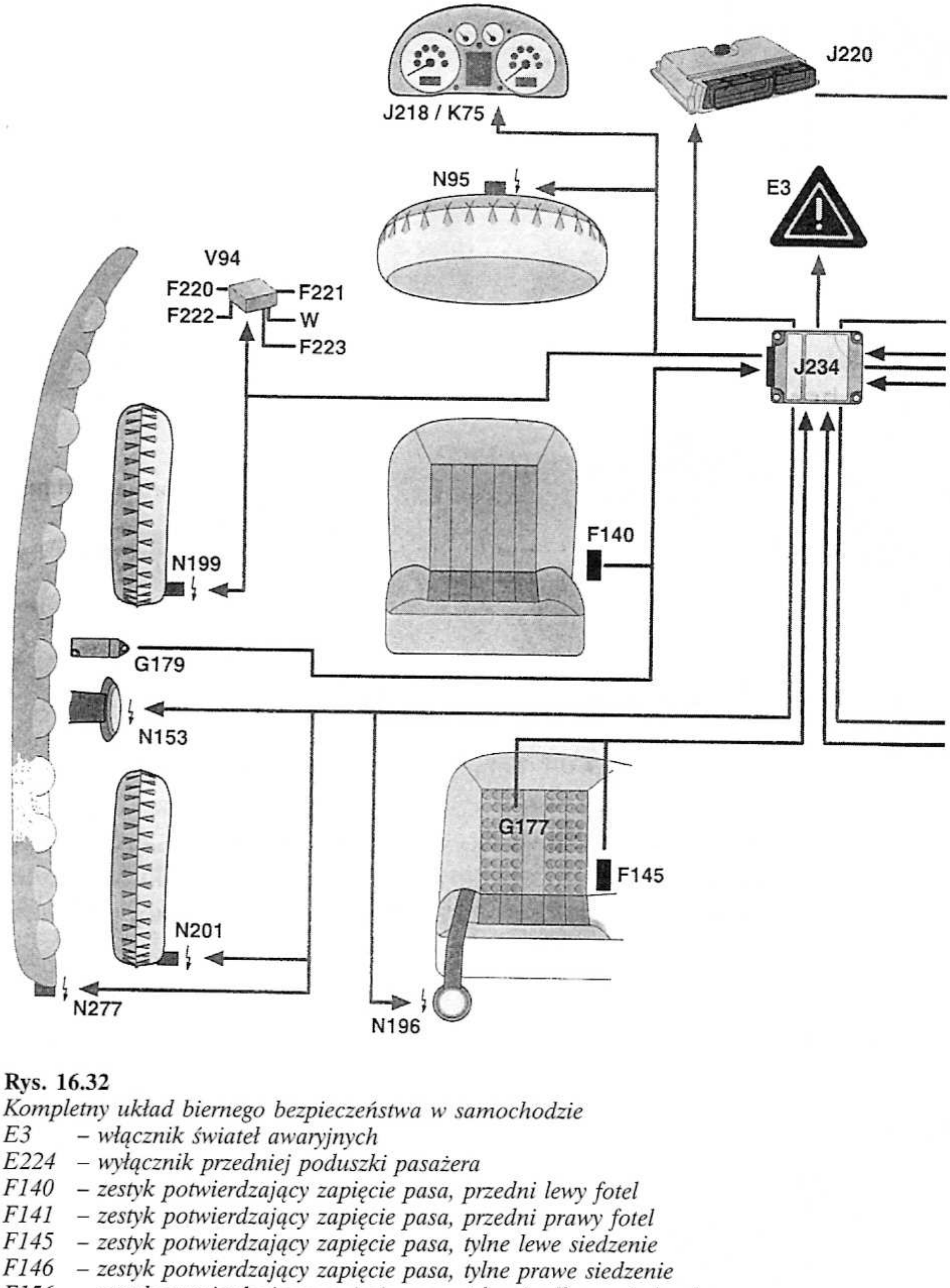
Rys. 16.30
Pirotechniczny napinacz pasa umieszczony w zapięciu z czujnikiem zapięcia pasa

16.7. Poduszka kompaktowa (eurobag)

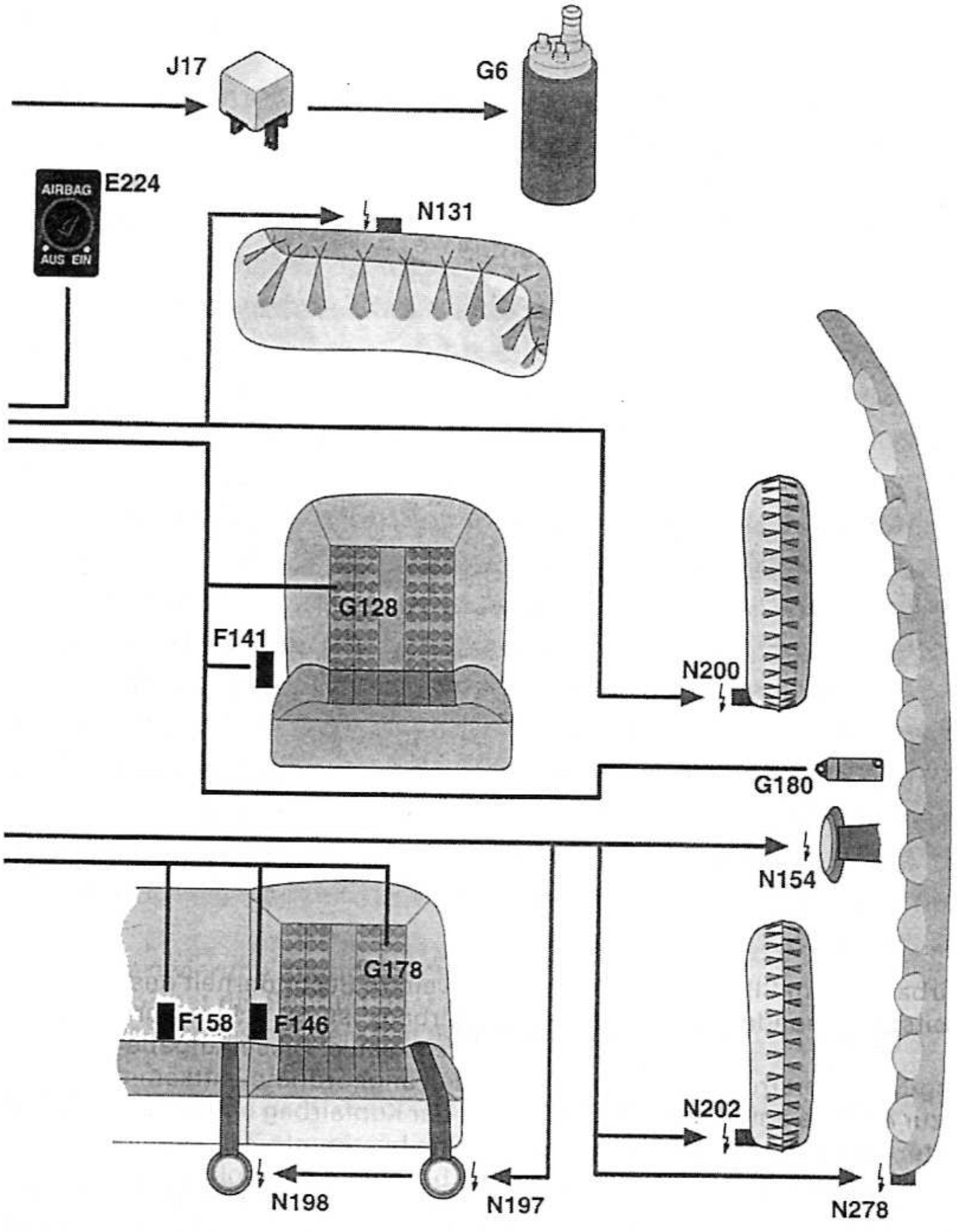
Przez krótki czas, na początku lat 90. była używana, opracowana specjalnie na rynek europejski (stąd nazwa eurobag), tzw. kompaktowa poduszka gazowa. U podstaw tej konstrukcji legło założenie, że kierowca zawsze zapina pasy bezpieczeństwa i skutki urazów klatki piersiowej oraz głowy w wyniku uderzenia o kierownicę można wystarczająco ograniczyć za pomocą mniejszej poduszki.



Rys. 16.31
Elementy składowe kompaktowej poduszki gazowej



Rys. 16.32
Kompletny układ biernego bezpieczeństwa w samochodzie
E3 – włącznik świateł awaryjnych
E224 – wyłącznik przedniej poduszki pasażera
F140 – zestyk potwierdzający zapięcie pasa, przedni lewy fotel
F141 – zestyk potwierdzający zapięcie pasa, przedni prawy fotel
F145 – zestyk potwierdzający zapięcie pasa, tylne lewe siedzenie
F146 – zestyk potwierdzający zapięcie pasa, tylne prawe siedzenie
F156 – zestyk potwierdzający zapięcie pasa, tylne środkowe siedzenie
G6 – pompa paliwa
G128 – czujnik obecności pasażera na przednim prawym fotelu
G177 – czujnik obecności pasażera na tylnym prawym siedzeniu
G 178 – czujnik obecności pasażera na tylnym lewym siedzeniu
G179 – czujnik zderzenia dla poduszki bocznej kierowcy (środkowy słupek)
G180 – czujnik zderzenia dla poduszki bocznej pasażera z przodu (środkowy słupek)
J17 – przekaźnik obwodu zasilania paliwem
J218 – procesor zespolony w tablicy instrumentów
J220 – urządzenie sterujące Motronic
J234 – urządzenie sterujące poduszek gazowych



K75 – lampka kontrolna poduszek gazowych
K145 – lampka sygnalizująca usterkę zespołu przedniej poduszki pasażera
N95 – zapalnik przedniej poduszki kierowcy
N131 – zapalnik 1 przedniej poduszki pasażera
N153 – zapalnik 1 napinacza pasa kierowcy
N154 – zapalnik 2 napinacza pasa pasażera
N19 – zapalnik napinacza pasa na tylnym lewym siedzeniu
N197 – zapalnik napinacza pasa na tylnym prawym siedzeniu
N198 – zapalnik napinacza pasa na tylnym środkowym siedzeniu
N199 – zapalnik bocznej poduszki kierowcy
N200 – zapalnik bocznej poduszki pasażera
N201 – zapalnik bocznej poduszki dla tylnego lewego siedzenia
N202 – zapalnik bocznej poduszki dla tylnego prawego siedzenia
N277 – zapalnik górnej poduszki kierowcy (krawędź dachu)
N278 – zapalnik górnej poduszki pasażera (krawędź dachu)
.V94 – silnik centralnego zamka z urządzeniem sterującym opóźnieniem wyłączania się oświetlenia wewnętrznego i instalacji alarmowej; w bagażniku po lewej stronie
W – oświetlenie wewnętrzne z przodu
W43 – oświetlenie wewnętrzne z tyłu

Bardzo dobrym uzupełnieniem poduszki był mechaniczny napinacz pasów kierowcy i pasażera.

Taka kompaktowa poduszka o pojemności zaledwie 30 litrów potrzebowała mniej gazu, co z kolei ograniczało hałas i zadymienie podczas jej otwierania. Poduszka napełniała się w takim samym czasie (30 ms), jak duże poduszki (patrz punkt 16.2). Oszczędzano także na masie zarówno zespołu poduszki, jak i całej kolumny kierownicy. Prosty sposób zabudowy pozwalał na oszczędność kosztów produkcji.

Sposób uruchamiania i działanie poduszki nie różni się w zasadzie od opisanych już rozwiązań poduszek gazowych. Różnica sprowadza się do tego, że całość była umieszczona w kolumnie kierownicy, łącznie z elektroniką sterującą poduszką (rys. 16.31).

Zasilanie elektryczne doprowadzono dwoma stykami ślizgowymi w kole kierownicy. Jeden pierścień ślizgowy ma stałe połączenie z masą, drugi jest połączony z (+) akumulatora od chwili ustawienia wyłącznika zapłonu w położeniu R (albo 1). Gotowość układu jest sygnalizowana świeceniem się lampki kontrolnej przez ok. 6 s. Umieszczano ją w kierownicy albo na tablicy rozdzielczej. Niezaświecenie się lampki po włączeniu zapłonu, albo świecenie się bez przerwy, oznacza usterkę w układzie. Jej rodzaj jest definiowany w procesie samodiagnozy układu. Jeżeli okaże się, że zasilanie elektryczne i wytwornica gazu są sprawne, to należy wymienić cały podzespół elektroniczny z wbudowanym czujnikiem przyspieszenia. Przed demontażem należy odłączyć zasilanie. Także w tym przypadku kondensator zapłonowy musi się całkowicie rozładować.

Zespół poduszki kompaktowej także zawiera elementy pirotechniczne. Mają tu zatem zastosowanie powołane wyżej przepisy i obowiązują wszystkie środki bezpieczeństwa (patrz punkt 16.3).

16.8. Przykład kompletnego układu

Kompletny, współczesny, elektroniczny układ utrzymania pasażerów na siedzeniach przedstawiono na rysunku 16.32.

Układ składa się z przednich poduszek gazowych dla kierowcy i pasażera, poduszek bocznych dla kierowcy i pasażerów siedzących z przodu i z tyłu oraz kurtyn z obu stron. Każdy pas bezpieczeństwa ma osobny napinacz i zestyk zwierny, sygnalizujący zapięcie pasa. Dzięki temu mogą być odpowiednio dopasowane, czyli ustawione na większe wartości opóźnień, progi wyzwalania poduszek. Jako pierwsze są uruchamiane napinacze pasów. Jeżeli czujniki w siedzeniach foteli sygnalizują, że nie są one zajęte, wówczas przyporządkowane im poduszki gazowe i napinacze pasów nie są uruchamiane podczas wypadku. Czujniki takie są wbudowane we wszystkie siedzenia z przodu i z tyłu oprócz siedzenia kierowcy.

Przednia poduszka pasażera może być odłączona oddzielnym wyłącznikiem. Stan odłączenia jest sygnalizowany świecącą się w sposób ciągły lampką kontrolną (airbag off).

Podczas wypadku, powodującego uruchomienie poduszek gazowych, urządzenie sterujące poduszek wysyła dodatkowy sygnał do urządzenia sterującego Motronic, które odłącza pompę paliwa, włącza oświetlenie wewnętrzne i światła awaryjne oraz centralnie odblokowuje wszystkie drzwi.

17. Układy ochrony przed kradzieżą

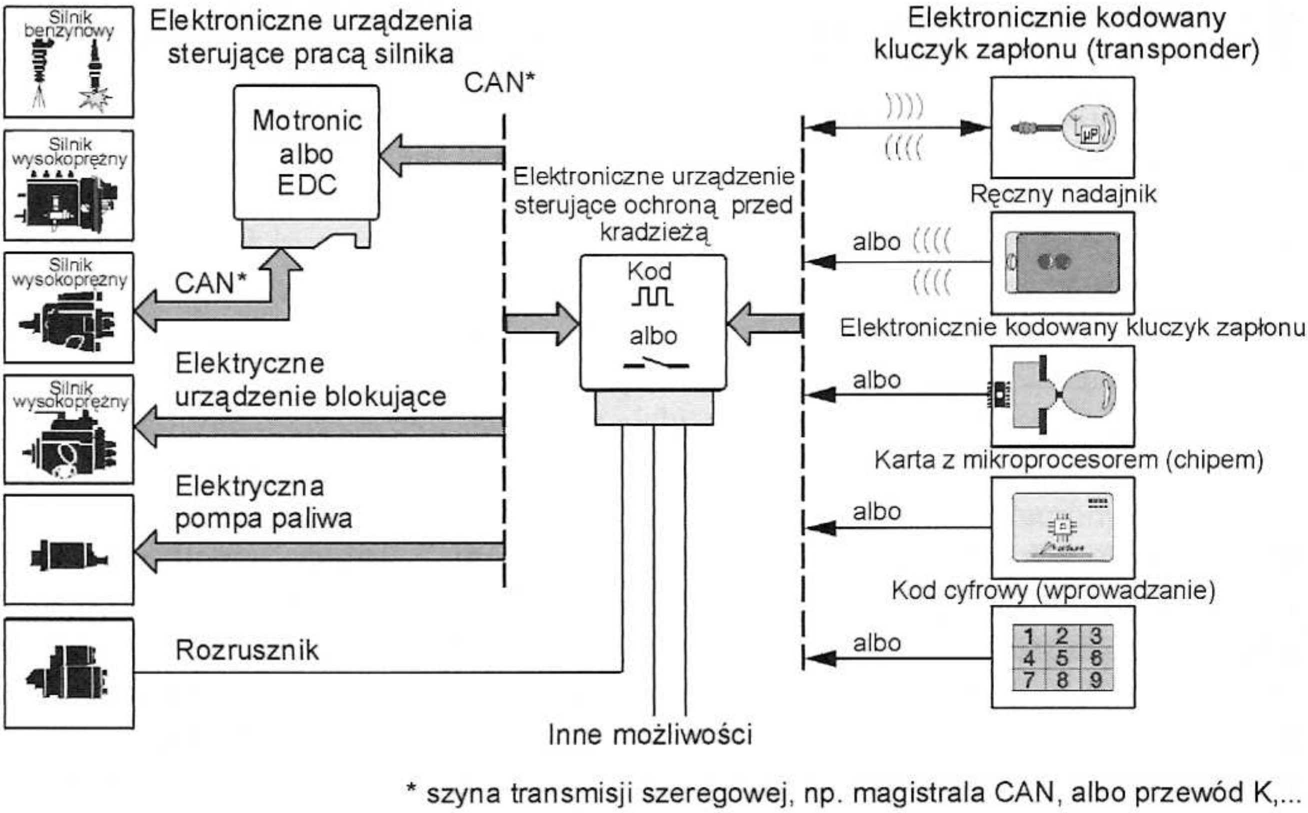
Całe pojazdy, ich wyposażenie dodatkowe i przedmioty znajdujące się w kabinie zawsze były i są dla złodziei łakomym „łupem". Codziennie zgłasza się setki kradzieży samochodów albo włamań do wnętrza pojazdu.

Wobec takiej plagi firmy ubezpieczeniowe wymusiły na producentach samochodów wprowadzenie skuteczniejszych rozwiązań ochrony przed kradzieżą. Obok znanych już wcześniej instalacji alarmowych zażądano montowania urządzeń uniemożliwiających jazdę skradzionym samochodem.

17.1. Elektroniczne zabezpieczenie przed nieuprawnionym użyciem

W toku pertraktacji między towarzystwami ubezpieczeniowymi i producentami samochodów towarzystwa ubezpieczeniowe zmusiły producentów do opracowania skutecznych (tzw. kwalifikowanych) rozwiązań chroniących samochody przed kradzieżą. Przez pojęcie „kwalifikowanej" ochrony przed kradzieżą jest rozumiane „samoaktywujące się, kodowane elektronicznie zabezpieczenie, działające na żywotne dla pracy silnika urządzenie sterujące, w celu uniemożliwienia odjechania pojazdem". Producenci samochodów i wyposażenia bardzo szybko opracowali różne rozwiązania, zarówno na potrzeby fabrycznego montażu, jak i wyposażania samochodów używanych. Na rysunku 17.1 pokazano stosowane obecnie rozwiązania, montowane seryjnie w fabrykach.

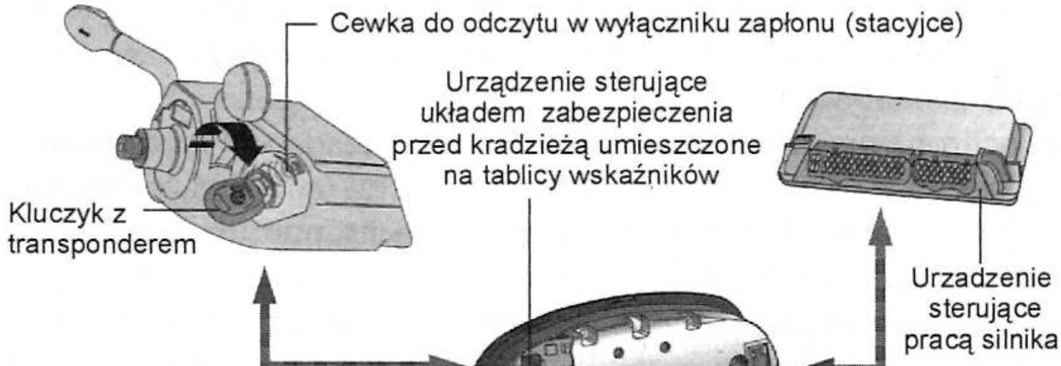
Elektroniczna ochrona przed kradzieżą, jak też różne urządzenia mechaniczne, utrudniające kradzież (np. wzmocnione mechanizmy zamków drzwi, obracające się luźno zamki po użyciu właściwego klucza, blachy ochronne itp.) są obecnie stosowane przez wszystkich producentów, chociaż różna jest ich skuteczność. Niemniej ilość kradzionych samochodów zdecydowanie się zmniejszyła. Przyczyniła się też do tego zasada zachowywania ścisłej tajemnicy na temat konstrukcji zabezpieczeń przed kradzieżą. Zamawianie i wysyłanie elementów składowych i części zamiennych instalacji uniemożliwiających odjechanie skradzionym samochodem jest obwarowane licznymi procedurami i koniecznością udokumentowania zamówienia.



Rys. 17.1
Sposoby działania elektronicznych układów ochrony przed kradzieżą

17.1.1. Zabezpieczenie z transponderem przed uruchomieniem samochodu

Rozwiązaniem, które się przebiło na rynku i najczęściej można się z nim spotkać jest elektronicznie kodowany kluczyk zapłonu z transponderem. Jest to sztucznie stworzone słowo, złożone z łacińskiego *transmittere* (nadawać) i angielskiego *responder* (wysyłający odpowiedź). W rozwiązaniu tym klient nie musi zmieniać swoich przyzwyczajeń. Samochód można takim kluczem normalnie otworzyć, włożyć

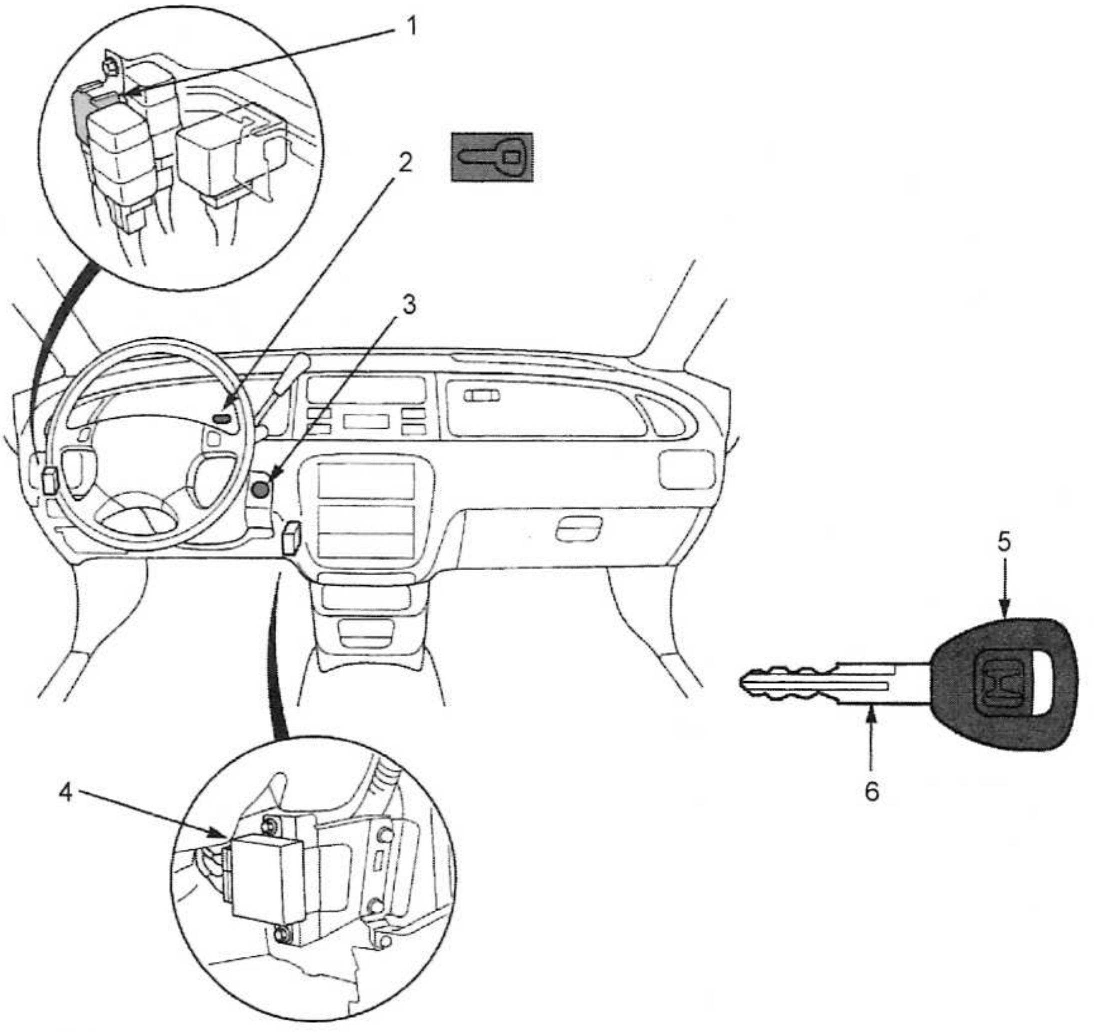


Rys. 17.2
Podzespoły układu ochrony przed kradzieżą

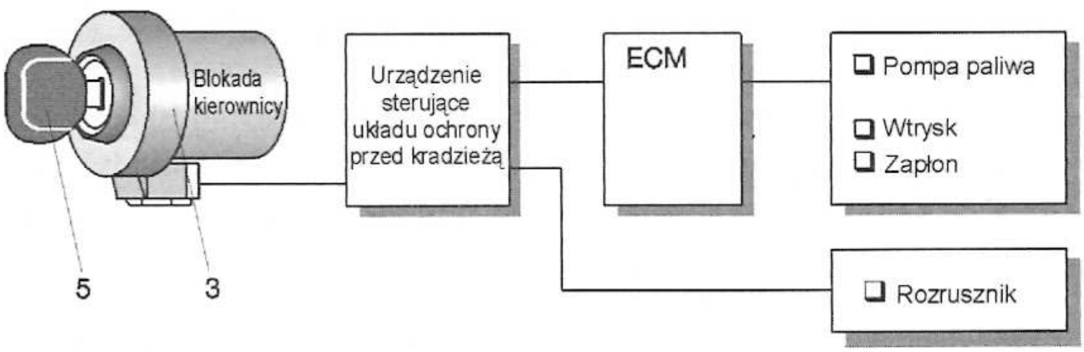
go do wyłącznika zapłonu (stacyjki), obrócić i uruchomić silnik. Klient nie zauważa nawet, że w tym czasie następuje wymiana wielu danych.

Na rysunku 17.2 przedstawiono główne podzespoły elektronicznej blokady silnika (tzw. immobilizera) z transponderem. W skład układu wchodzi ponadto pierścieniowa antena (cewka odbiorcza), umieszczona w stacyjce, która odczytuje sygnały z transpondera oraz urządzenie sterujące układem, które przetwarza informacje. Układ jest też ściśle powiązany z urządzeniem sterującym silnika.

Po włożeniu kluczyka do stacyjki i włączeniu zapłonu odbywa się następująca wymiana danych: transponder wysyła kodowany sygnał do urządzenia sterującego immobilizera, które sygnał ten analizuje. Po uznaniu sygnału za prawidłowy urządzenie sterujące odsyła do transpondera swój odrębny, przemienny sygnał kodowy, wytwarzany w specjalnym generatorze. Kodowy sygnał przemienny uruchamia w transponderze określony, tajny proces obliczeniowy, który równolegle przeprowadza także urządzenie sterujące. Jeżeli wyniki obliczeń, które transponder i urządzenie sterujące wymienią między sobą, okażą się identyczne, wówczas kluczyk uznany zostaje za właściwy (uprawniony). Teraz urządzenie sterujące

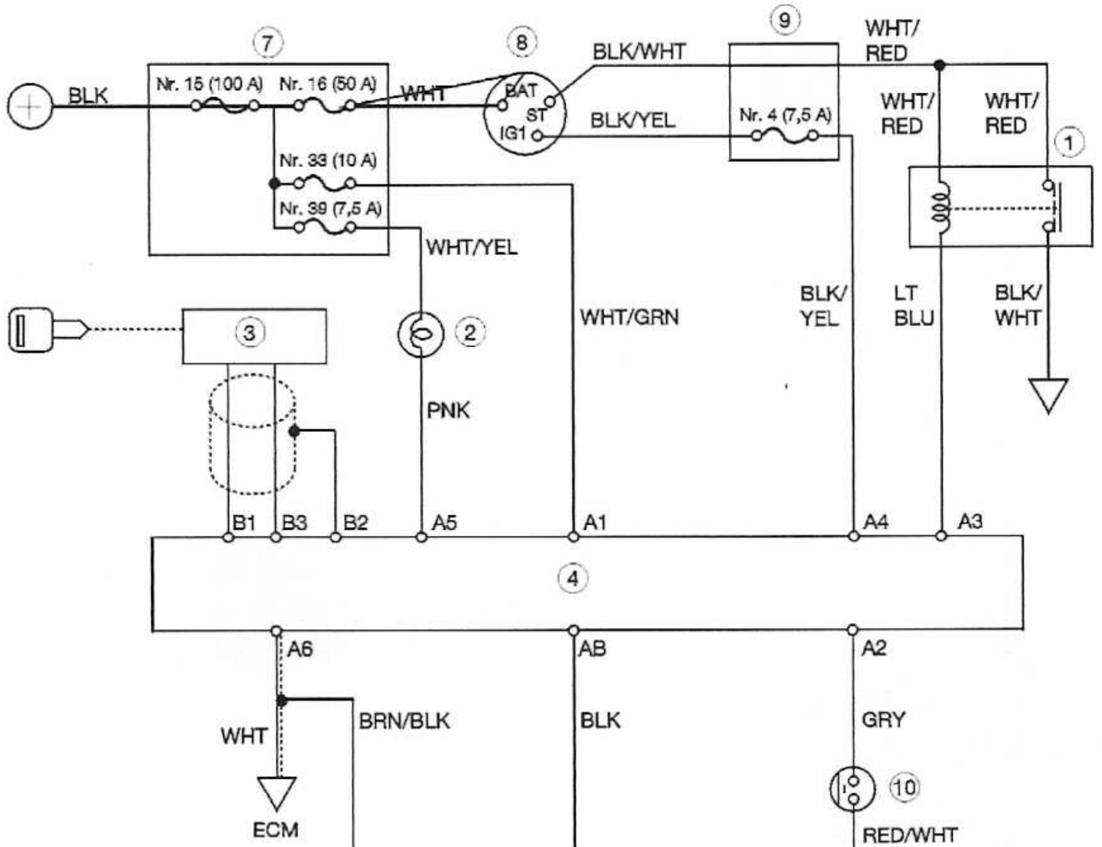


Rys. 17.3
Rozmieszczenie elementów układu ochrony przed kradzieżą
1 – przekaźnik odłączający rozrusznik, 2 – lampka kontrolna blokady uruchomienia pojazdu, 3 – odbiornik (antena) sygnału blokady, 4 – urządzenie sterujące układu ochrony przed kradzieżą, 5 – nadajnik w uchwycie kluczyka (transponder), 6 – kluczyk zapłonu



Rys. 17.4
Schemat blokowy układu ochrony przed kradzieżą
3 – odbiornik (antena) sygnału blokady, 5 – nadajnik w uchwycie kluczyka (transponder)

immobilizera i urządzenie sterujące silnika wymieniają przemienne sygnały kodowe. Dopiero po stwierdzeniu zgodności kodów silnik może być uruchomiony. Opisana tu wymiana danych trwa zaledwie kilka milisekund i nie powoduje jakiegokolwiek opóźnienia w dostępie kierowcy do pojazdu. Istnieje 10^{23} kombinacji przemiennych sygnałów kodowych. Wewnętrzny proces obliczeniowy jest tajemnicą producenta. Nie ma zatem żadnej możliwości kopiowania, skanowania

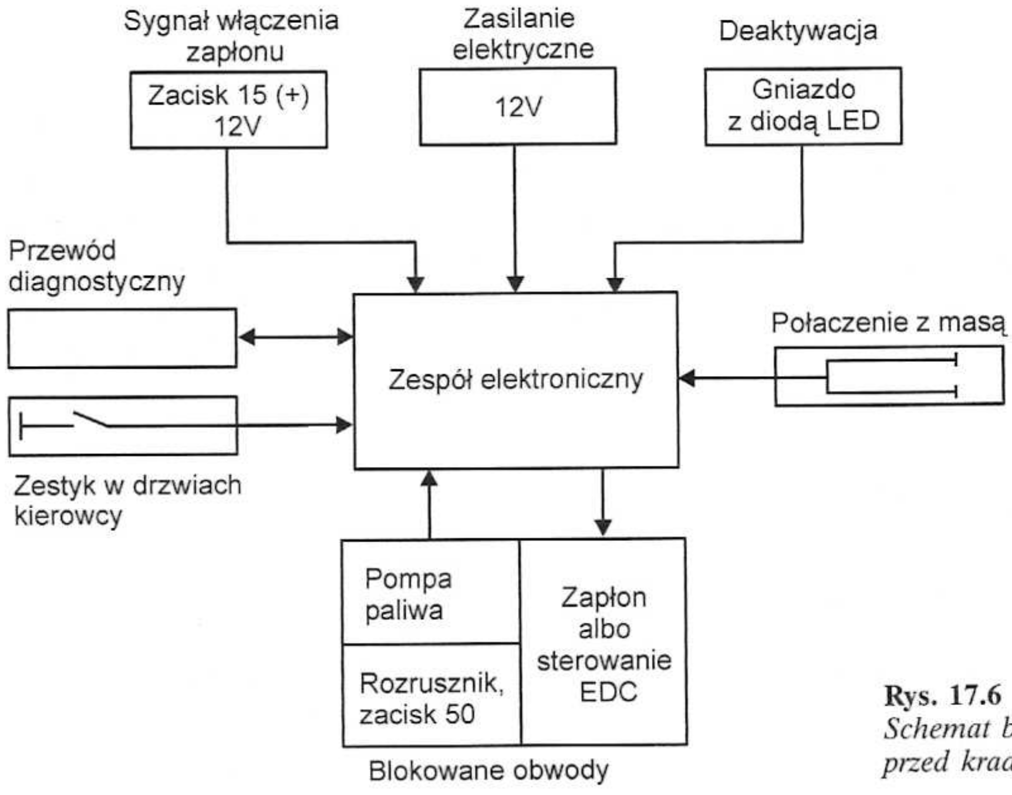


Rys. 17.5
Schemat ideowy układu ochrony przed kradzieżą
Elementy 1 do 6 jak na rysunku 17.3
7 – zespół bezpieczników w przedziale silnika, 8 – włącznik jazdy (stacyjka), 9 – zespół bezpieczników w kabinie, 10 – przełącznik pozycji automatycznej skrzynki przekładniowej (włączony w pozycji P lub N)

sygnału, czy innego rodzaju manipulacji kluczykiem z transponderem. W niektórych tego rodzaju układach można identyfikować pojedyncze kluczyki. W razie ich zgubienia albo kradzieży można je zablokować za pomocą testera diagnostycznego. Zablokowanym kluczykiem nie można już uruchomić samochodu. W celu przeprowadzenia takiego zabiegu (blokowania, ale także odblokowania kluczyka) należy wszystkie pozostałe (nie zgubione) kluczyki wkładać do stacyjki i dokonywać określonej procedury diagnostycznej, podczas której urządzenia sterujące immobilizera i silnika wymienią się danymi. Procedura taka jest też konieczna po wymianie urządzenia sterującego albo innego elementu układu. Konieczne jest przy tym użycie testera diagnostycznego przeznaczonego wyłącznie dla danego modelu pojazdu. Tylko w ten sposób jest możliwe przekazanie określonych, zakodowanych danych. Innym sposobem, który również wymaga użycia takiego testera, jest całkowite przeprogramowanie układu za pomocą specjalnego kluczyka „szkolnego". Używa się go w układzie przedstawionym na rysunku 17.3. Przebieg wymiany danych, powiązanie układu z pozostałymi układami samochodu i wzajemne zależności nie różnią się zasadniczo od pierwszego rozwiązania (rys. 17.4). Schemat elektryczny układu przedstawiono na rysunku 17.5.

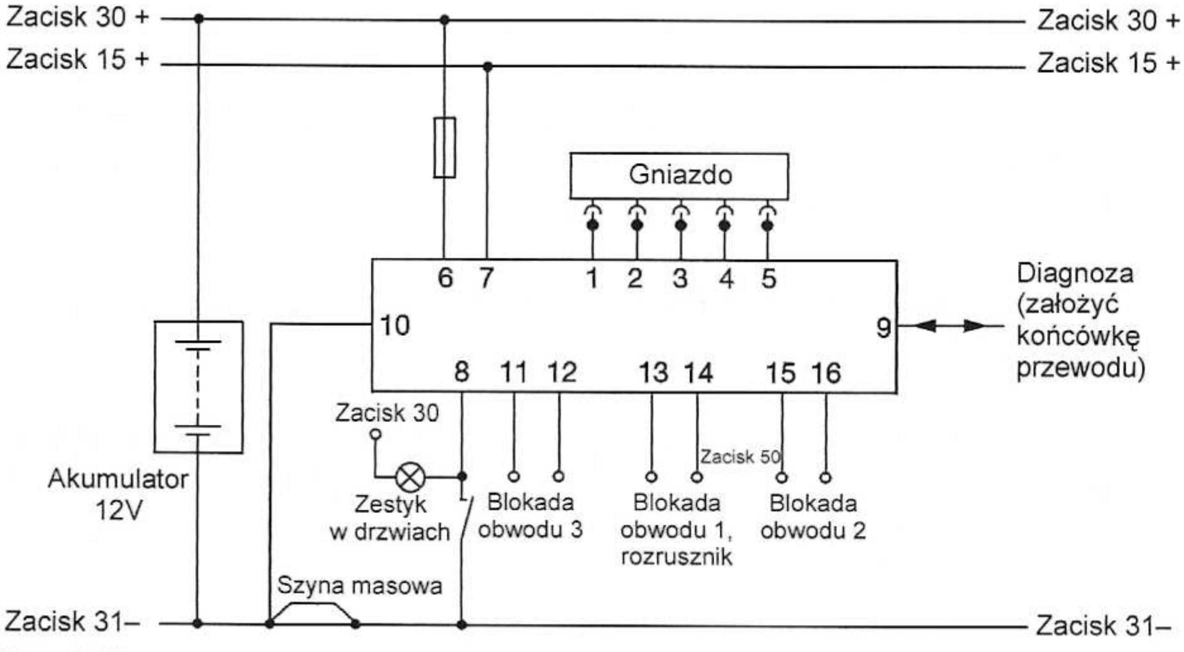
17.1.2. Montaż immobilizera w samochodzie nie zabezpieczonym fabrycznie

Jak już wspomnieliśmy opracowano wiele rozwiązań układów zabezpieczających przed kradzieżą w celu montażu w samochodach, nie wyposażonych w taki układ fabrycznie. Na schemacie blokowym rysunku 17.6 przedstawiono zasadnicze elementy składowe takiego układu.



Rys. 17.6
Schemat blokowy układu ochrony przed kradzieżą

Urządzenie sterujące przerywa i uniemożliwia pracę pompy, rozrusznika i zapłonu albo blokuje inny ważny sygnał układu sterowania silnika. Urządzenie sterujące jest zasilane elektrycznie i ma dwa połączenia z masą. Przez sygnał „zapłon włączony" i zestyk w drzwiach kierowcy układ zostaje uaktywniony. Jest gotowy do pracy po 10 minutach od wyłączenia zapłonu albo po 30 sekundach od zamknięcia drzwi kierowcy. Układ jest rozbrajany (dezaktywowany) za pomocą kluczyka albo nadajnika w transponderze włożonych do osobnego gniazdka. Dioda LED w gniazdku sygnalizuje stan układu (aktywny albo nie aktywny). Po przyłączeniu przewodu diagnostycznego można odczytać z pamięci zapisy kodów usterek i od nowa zaprogramować układ, co może być konieczne po jego naprawie albo zgubieniu kluczyka. Na rysunku 17.7 pokazano schemat ideowy i schemat przyłączy opisanego układu.



Rys. 17.7
Schemat połączeń układu ochrony przed kradzieżą

Ingerencja w odpowiednie przewody przerywanych układów 1, 2 i 3 następuje za pośrednictwem urządzenia sterującego. Gniazdo z diodą LED znajduje się przeważnie w obszarze tablicy rozdzielczej, natomiast urządzenie sterujące zawsze jest umieszczane w miejscu niewidocznym i trudno dostępnym, ponieważ we wszystkich nie fabrycznych układach zabezpieczających wyciągnięcie wtyków z urządzenia sterującego i zwarcie na krótko odpowiednich przewodów powoduje zneutralizowanie układu.

17.2. Instalacje alarmowe

17.2.1. Ogólny opis układu

Elektroniczne zabezpieczenia uniemożliwiające uruchomienie samochodu mają go chronić przed kradzieżą i nieuprawnionym użytkownikiem. Nie gwarantują one jednak ochrony przed odholowaniem pojazdu oraz przed włamaniem do środka

albo wymontowaniem wartościowego wyposażenia zewnętrznego i wewnętrznego. Także nie może temu całkowicie przeszkodzić urządzenie alarmowe. Absolutna ochrona przed kradzieżą nie jest i nie będzie możliwa. Instalacja alarmowa może jednak wszcząć alarm, jeżeli ktoś zacznie manipulować przy samochodzie i odstraszyć ewentualnych złodziei. Urządzenie alarmowe musi rozpoznać niedozwolone otwarcie drzwi, pokrywy przedziału silnika albo pokrywy bagażnika, rozbicie szyby; ruchy we wnętrzu samochodu, poruszanie i podnoszenie pojazdu oraz manipulowanie przewodami i akumulatorem przy aktywnej instalacji alarmowej. Nie mogą jednak być wzniecane „fałszywe alarmy" np. przez muchę pozostawioną we wnętrzu, drgania wywołane przez przejeżdżające obok samochody albo podmuch wiatru.

Sygnałami ostrzegawczymi instalacji alarmowej mogą być fabryczny sygnał dźwiękowy albo sygnał dodatkowy i sygnały optyczne światłami mijania lub kierunkowskazami (światła awaryjne).

Największe bezpieczeństwo zapewnia instalacja alarmowa uruchamiana nie mechanicznymi stykami albo wyłącznikami, lecz aktywowana zdalnie za pomocą elektronicznie kodowanego kluczyka. Wtedy nie jest możliwe żadne mechaniczne manipulowanie od zewnątrz. Urządzenie sterujące instalacji alarmowej dobrze jest starannie ukryć w trudno dostępnym miejscu. Uaktywnienie instalacji nie powinno być możliwe przed zamknięciem wszystkich drzwi i pokryw, które powinno być

Sygnały wejściowe	Przetwarzanie	Sygnały wyjściowe
Zestyki w drzwiach (przednie i tylne; prawe i lewe)	URZĄDZENIE STERUJĄCE	Alarm akustyczny (fabryczny albo odrębny sygnał dźwiękowy)
Zestyki w pokrywach bagażnika, przedziału silnika i ewentualnie schowka oraz w radiu		Alarm optyczny (światła awaryjne, światła mijania)
Zestyki w oknach albo czujniki wybicia szyb (także szyby tylnej)		Blokowanie uruchomienia silnika (elektronika silnika benzynowego albo wysokoprężnego, zapłon – zacisk 15 albo rozrusznik – zacisk 50)
Ochrona wnętrza samochodu (czujniki ultradźwiękowe albo radiowe)		Wskaźnik aktywności układu
Detektor sygnałów		
Czujnik przechyłów lub czujnik kątowy		
Centralny zamek		
Zdalne sterowanie		
Zacisk 30		
Zacisk 31		
Zacisk 15	↑ ↓ Diagnoza	
Zacisk 61		

Rys. 17.8
Schemat funkcjonalny instalacji alarmowej zabezpieczającej przed kradzieżą

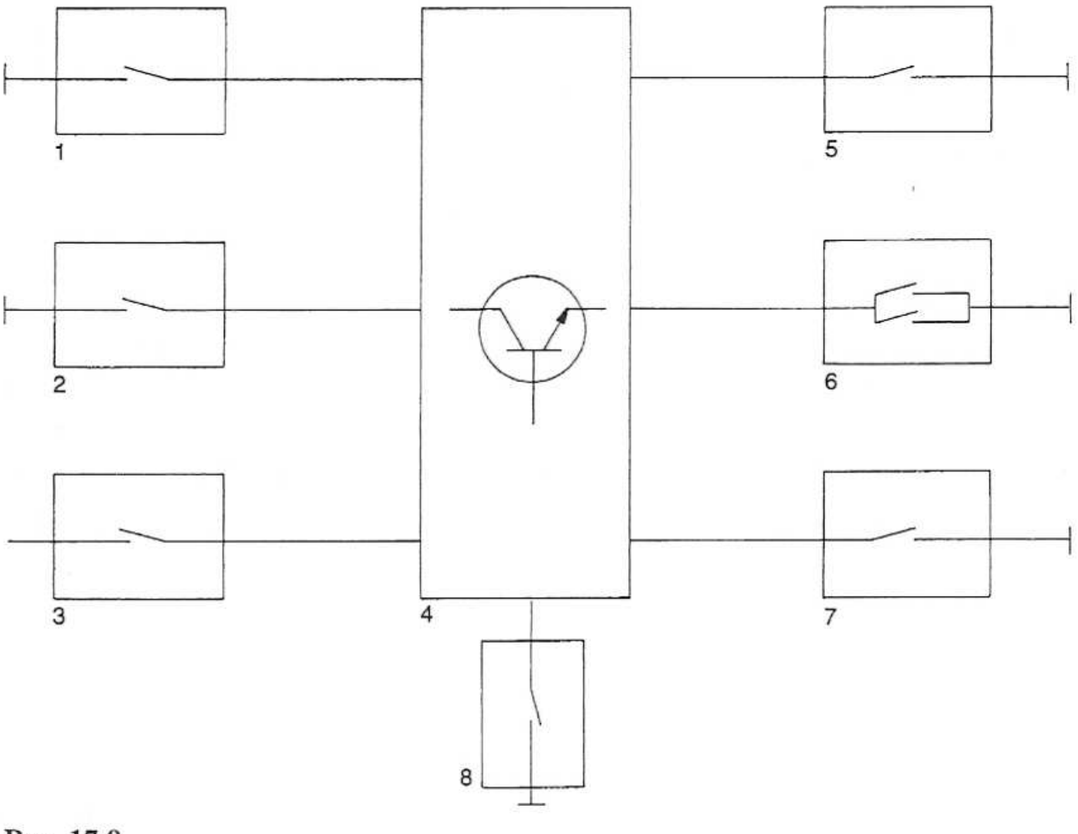
odpowiednio sygnalizowane. Sygnały wejściowe i wyjściowe urządzenia sterującego rozbudowanej instalacji alarmowej wymieniono w zestawieniu na rysunku 17.8 (por. także rys. 17.17). Istnieje wiele odmian instalacji alarmowych różnych producentów, które jednak rzadko mają wszystkie funkcje ochronne.

17.2.2. Sygnały wejściowe i elementy składowe instalacji

Zestyki (rys. 17.9) w drzwiach (bocznych przednich i tylnych), pokrywach bagażnika i przedziału silnika są wyłącznikami elektromagnetycznymi, które po otwarciu jednych z drzwi się zwierają i łączą obwód z masą. Powstały dzięki temu sygnał napięcia w urządzeniu sterującym wyzwala alarm, jeżeli instalacja jest aktywna.

Na potrzeby instalacji alarmowej zabezpieczającej przed kradzieżą są wykorzystywane przeważnie istniejące już zestyki czujników otwarcia drzwi, służące do sterowania oświetleniem wewnętrznym oraz zestyk włączający oświetlenie wnętrza bagażnika. Tylko w pokrywie przedziału silnika musi być dodatkowo zamontowany mikrowyłącznik. Osobny zestyk dla schowka i radioodbiornika jest montowany tylko wtedy, kiedy o włamaniu do wnętrza samochodu i wybiciu szyby nie informują odrębne czujniki albo kiedy samochód jest zawsze otwarty (np. kabriolet).

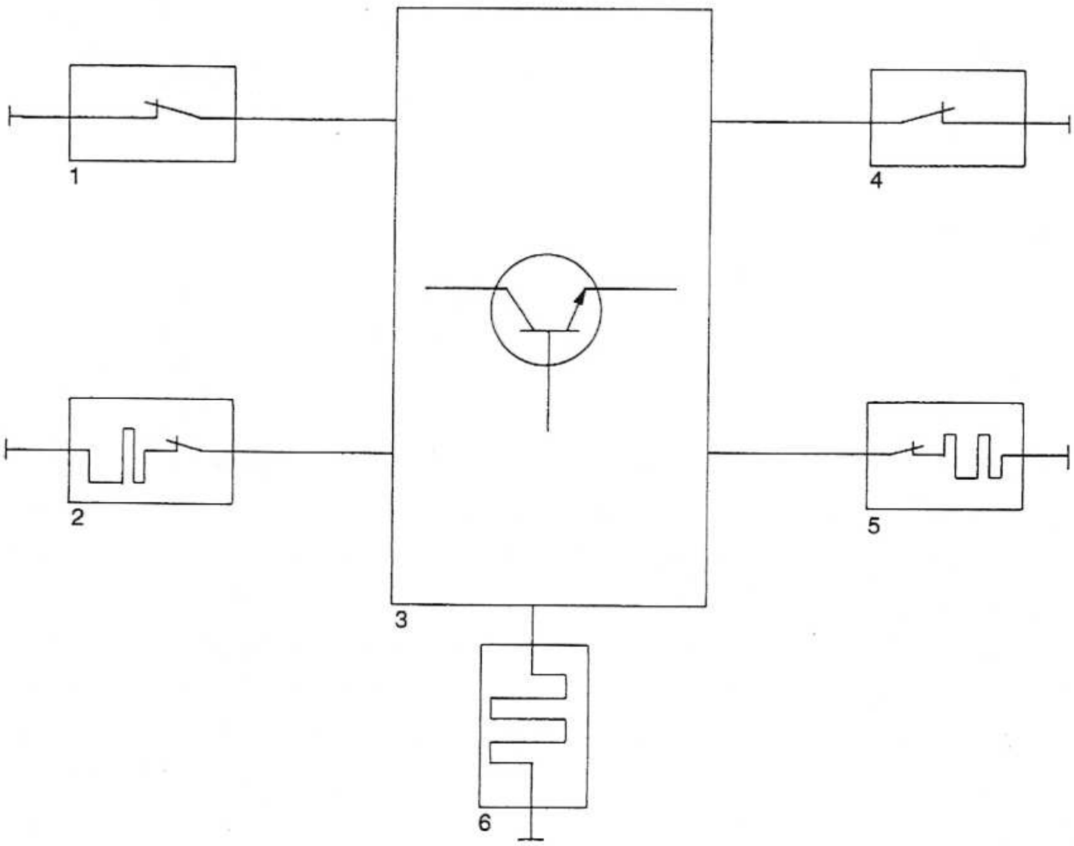
Zestyki sprawdza się przez ich kilkakrotne zwarcie i rozwarcie oraz pomiar rezystancji. Zestyki zużyte mechanicznie albo zawilgocone mogą być niesprawne.



Rys. 17.9
Elektromechaniczne wyłączniki ochrony nadwozia
1 – zestyk radioodbiornika, 2 – zestyk pokrywy przedziału silnika, 3 – zestyk w drzwiach kierowcy, 4 – urządzenie sterujące instalacji alarmowej, 5 – zestyk w schowku, 6 – zestyki w tylnych drzwiach, 7 – zestyk w prawych przednich drzwiach, 8 – zestyk oświetlenia bagażnika

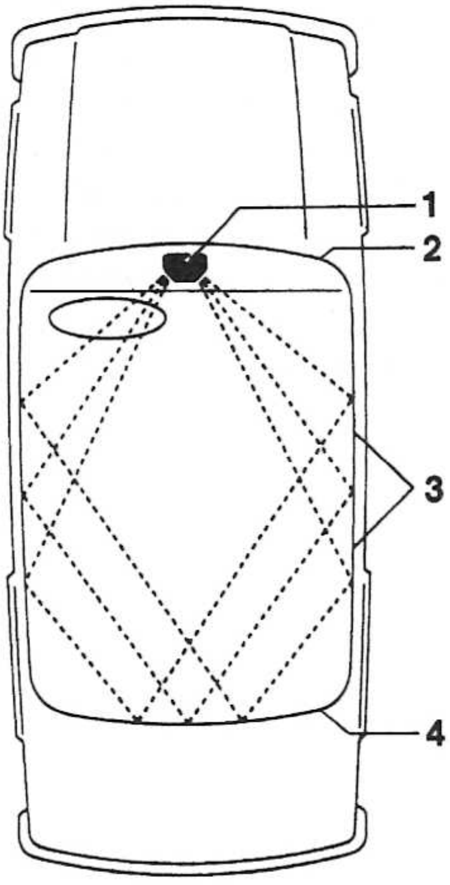
Sygnały wychodzące z urządzenia sterującego przy aktywnej instalacji także można sprawdzić. Związane to jest jednak z groźbą wszczęcia alarmu.

Należy chronić przed niedozwolonym otwarciem nie tylko wszystkie drzwi i pokrywy w samochodzie, ale także wszystkie szyby przed wybiciem. W tym celu na wszystkich szybach (także uchylnych i nie otwieranych) są umieszczone druciane pętle. Do ochrony tylnej szyby są wykorzystywane zatopione w niej przewody grzewcze. Wybicie szyby powoduje przerwanie pętli albo przewodu grzewczego, czyli przerwanie obwodu. Obwody kontroluje się mierząc ich rezystancję, o ile nie stwierdzi się widocznych uszkodzeń. Na rysunku 17.10 pokazano ochronę wnętrza samochodu za pomocą pętli przewodzących prąd. Inną możliwością ochrony szyb jest **czujnik kontaktronowy**. Stosuje się go przy szybach otwieranych zarówno elektrycznie, jak i ręcznie. Do dolnych krawędzi szyb są zamocowane magnesy, które zwierają styk kontaktronu umieszczonego wewnątrz blaszanej konstrukcji drzwi. Po zbiciu szyby szkło opada na dół razem z magnesami. Powoduje to otwarcie styku kontaktronu i wszczęcie alarmu. W celu sprawdzenia styków należy opuszczać i podnosić szyby, mierząc rezystancję kontaktronu. Po uaktywnieniu instalacji alarmowej można zmierzyć sygnał napięcia na odpowiednich zaciskach urządzenia sterującego. Przednia szyba przeważnie nie jest chroniona, gdyż jej budowa z kilku klejonych warstw szkła o specjalnej strukturze zapewnia dużą wytrzymałość na stłuczenie.



Rys. 17.10
Ochrona przestrzeni wewnętrznej przez czujnik kontaktronowy i pętle z drutu
1 – styk kontaktronowy w drzwiach kierowcy, 2 – styk w tylnych lewych drzwiach + pętla z drutu, 3 – urządzenie sterujące instalacji alarmowej, 4 – styk w przednich prawych drzwiach, 5 – styk w tylnych prawych drzwiach + pętla z drutu, 6 – ogrzewana tylna szyba

Zamiast różnego rodzaju czujników sygnalizujących rozbicie szyby bardzo często jest stosowana ultradźwiękowa (albo radiowa) ochrona przestrzeni wewnętrznej. Czujniki ultradźwiękowe rozpoznają wszelkiego rodzaju ruchy wewnątrz samochodu. Po włączeniu instalacji alarmowej nadajnik ultradźwięków jest zasilany napięciem przemiennym o wysokiej częstotliwości, które wywołuje drgania elementu piezoelektrycznego. Emitowane przez nadajnik fale dźwiękowe o częstotliwości 40 kHz są odbijane od wewnętrznych ścian samochodu i trafiają do detektora (odbiornika) ultradźwięków (rys. 17.11). Wszelkie zakłócenia wytworzonego w ten sposób pola ultradźwiękowego, wywołane rozbiciem szyby albo wsunięciem

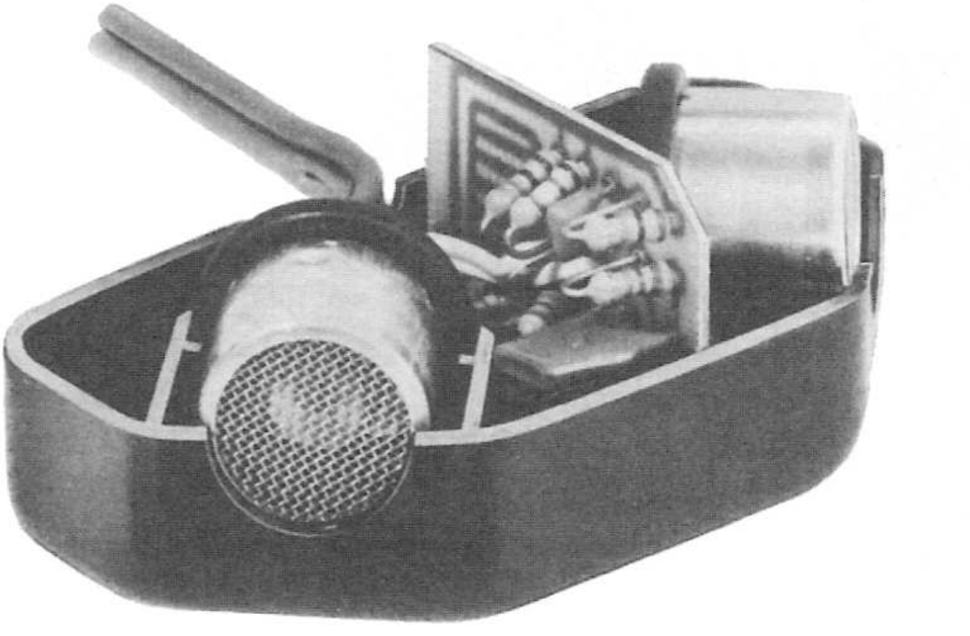


Rys. 17.11
Ochrona wnętrza za pomocą czujników ultradźwiękowych
1 – sonda ultradźwiękowa z nadajnikiem i odbiornikiem,
2 – szyba przednia, 3 – szyby boczne, 4 – szyba tylna

jakiegoś przedmiotu do wnętrza są natychmiast rozpoznawane i następuje włączenie sygnałów alarmowych. Nadajnik i odbiornik ultradźwięków oraz element elektroniczny wytwarzający napięcie przemienne o wysokiej częstotliwości stanowią jeden zespół detektora ultradźwięków (rys. 17.12). Zespół jest zasilany napięciem przemiennym z urządzenia sterującego instalacji alarmowej po jej aktywacji. Tam też następuje przetworzenie „sygnałów ruchowych" we wnętrzu. Działanie detektora sprawdza się otwierając drzwi, odsuwając szybę albo poruszając jakimś przedmiotem wewnątrz samochodu przy włączonej instalacji alarmowej. Powinno to wywołać sygnały alarmowe. Przeważnie można ustawiać „czułość" reakcji na ruch czujników ultradźwiękowych. Należy przy tym postępować dokładnie według wskazówek producenta.

Oprócz ochrony przed wtargnięciem niepowołanej osoby do wnętrza pojazdu, musi on być również zabezpieczony przed odholowaniem i odtransportowaniem.

Służą do tego czujniki ruchu. Mogą to być styki kontaktronowe umieszczone w mechanizmie różnicowym. Każde zwarcie i rozwarcie styków na skutek ruchu samochodu jest rejestrowane i po przekroczeniu ustalonej granicy jest uruchamiany alarm. Taka granica tolerancji ma zapobiec „fałszywym" alarmom, wywołanym bujaniem samochodem albo niezamierzonym lekkim uderzeniem przez inny manewrujący samochód. Styk kontaktronowy sprawdza się mierząc rezystancję podczas obracania kół napędowych. Ochronę przed odtransportowaniem samochodu i podniesieniem go do góry (np. w celu kradzieży kół) zapewniają czujniki pochylenia albo czujniki kątowe.

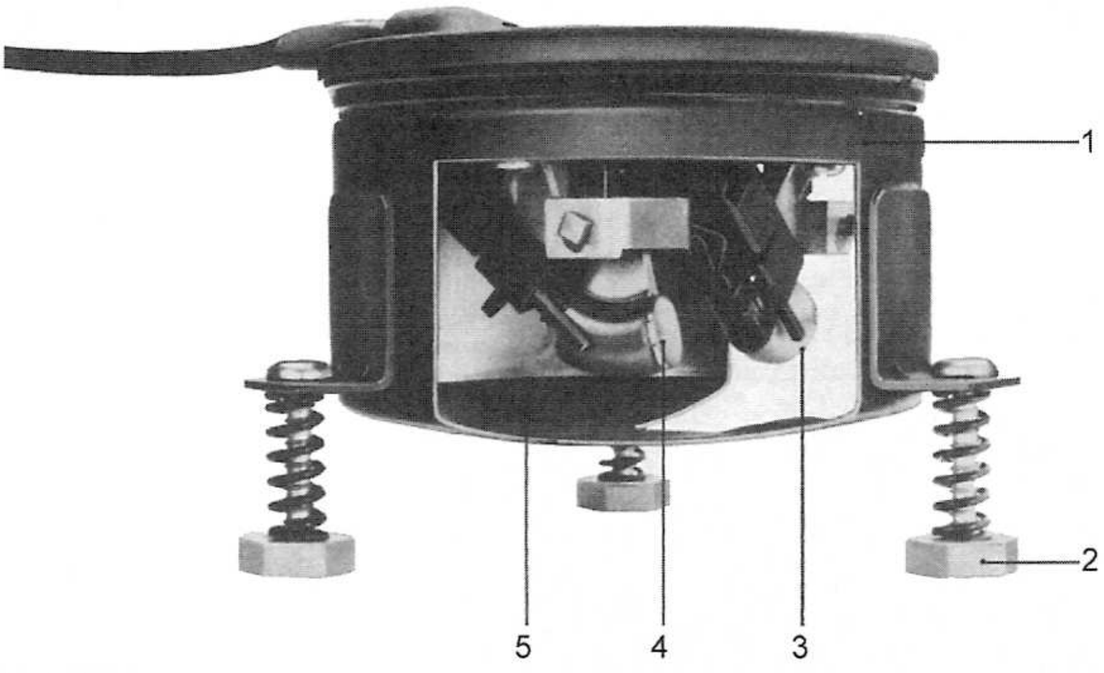


Rys. 17.12
Ultradźwiękowy czujnik ruchu

Czujniki te są inaczej zbudowane, ale spełniają takie samo zadanie. Producenci stosują albo jedne, albo drugie. Czujniki informują urządzenie sterujące o zmianie pierwotnego położenia samochodu np. w wyniku podnoszenia. Zmiana położenia w płaszczyźnie poziomej na skutek krótkotrwałego bujania samochodem nie wywołuje jeszcze alarmu. Działanie czujnika kątowego opiera się na zmianie położenia dwóch wahadeł, umieszczonych w cieczy tłumiącej ich ruchy (elementy 3 i 4 na rysunku 17.13). Pod wpływem siły ciążenia jedno wahadło rejestruje ruchy wzdłużne, a drugie ruchy poprzeczne samochodu. Wahadłami są cewki, których indukcyjność ulega zmianie w zależności od ich położenia. Po włączeniu instalacji alarmowej mikroprocesor rejestruje aktualne położenie samochodu jako położenie parkowania, stan spoczynku (zadany).

Każda zmiana położenia samochodu jest uznawana jako odstępstwo od stanu zadanego. Po przekroczeniu określonej, zaprogramowanej wartości (wartości progowej), umieszczony w czujniku kątowym mikroprocesor wysyła do urządzenia sterującego krótki sygnał napięcia, który z kolei uruchamia sygnały alarmowe. Czujnik kątowy jest zasilany prądem z zacisku 30. Jest on połączony z urządzeniem sterującym dwoma przewodami. Jeden z nich służy do włączania i wyłączania czujnika, drugi do przekazywania sygnału i do diagnozowania czujnika. Sprawdza-

nie czujnika polega na uaktywnieniu instalacji alarmowej i zmianie położenia samochodu za pomocą podnośnika. Jeżeli alarm się nie włączy, można jedynie się upewnić, czy czujnik jest zasilany prądem i obejrzeć oba przewody łączące. Pomiar sygnału z czujnika do urządzenia sterującego jest bardzo trudny, ze względu na bardzo krótki czas trwania sygnału.

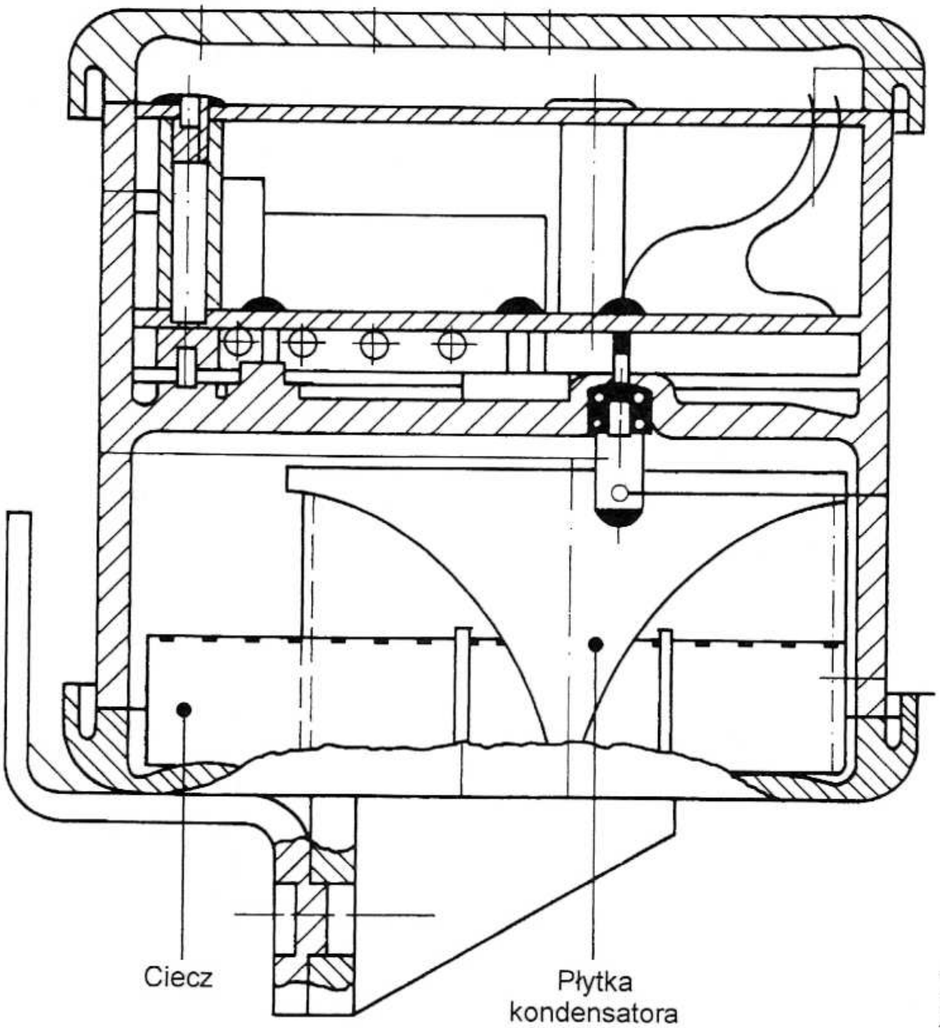


Rys. 17.13
Przekrój czujnika kątowego
1 – obudowa, 2 – uchwyty mocujące, 3 – czujnik w kierunku poprzecznym, 4 – czujnik w kierunku wzdłużnym, 5 – olej tłumiący ruch wahadeł

Czujnik pochylenia (rys. 17.14) rozpoznaje wyjściowe położenie samochodu za pomocą dwóch kondensatorów płytkowych, które zmieniają swoją pojemność pod wpływem cieczy umieszczonej w czujniku. Położenie samochodu i jego zmiana jest rozpoznawane zatem pojemnościowo, a nie indukcyjnie, jak to jest w czujniku kątowym. Kształt płytek kondensatora jest tak dobrany, że zmiana kąta pochylenia samochodu powoduje zalanie cieczą różnej wielkości powierzchni płytek kondensatora, a tym samym zmianę jego pojemności. Podobnie jak w czujniku kątowym, w czujniku pochylenia osobne kondensatory rejestrują pochylenia wzdłużne i poprzeczne. Umieszczony w czujniku pochylenia mikroprocesor przetwarza dane o wielkości pochylenia. Czujnik jest zasilany prądem z zacisku 30. Czujnik przechyłu jest połączony z instalacją alarmową tak samo i sprawdza się go tak samo, jak czujnik kątowy.

W celu uniknięcia alarmu w czasie transportu samochodu itp. należy odłączyć czujnik przechyłu (albo kątowy). W niektórych instalacjach można to zrobić realizując dwa, następujące tuż po sobie, włączenia i wyłączenia instalacji alarmowej.

Instalacja alarmowa jest przeważnie sprzężona z układem centralnego blokowania drzwi. Są ku temu dwa powody. Po pierwsze, przed włączeniem instalacji alarmowej wszystkie drzwi i pokrywy powinny być nie tylko zamknięte, lecz także zaryglowane. Po drugie, bardzo często instalacja alarmowa jest uaktywniana za pomocą



Rys. 17.14
Przekrój czujnika pochylenia

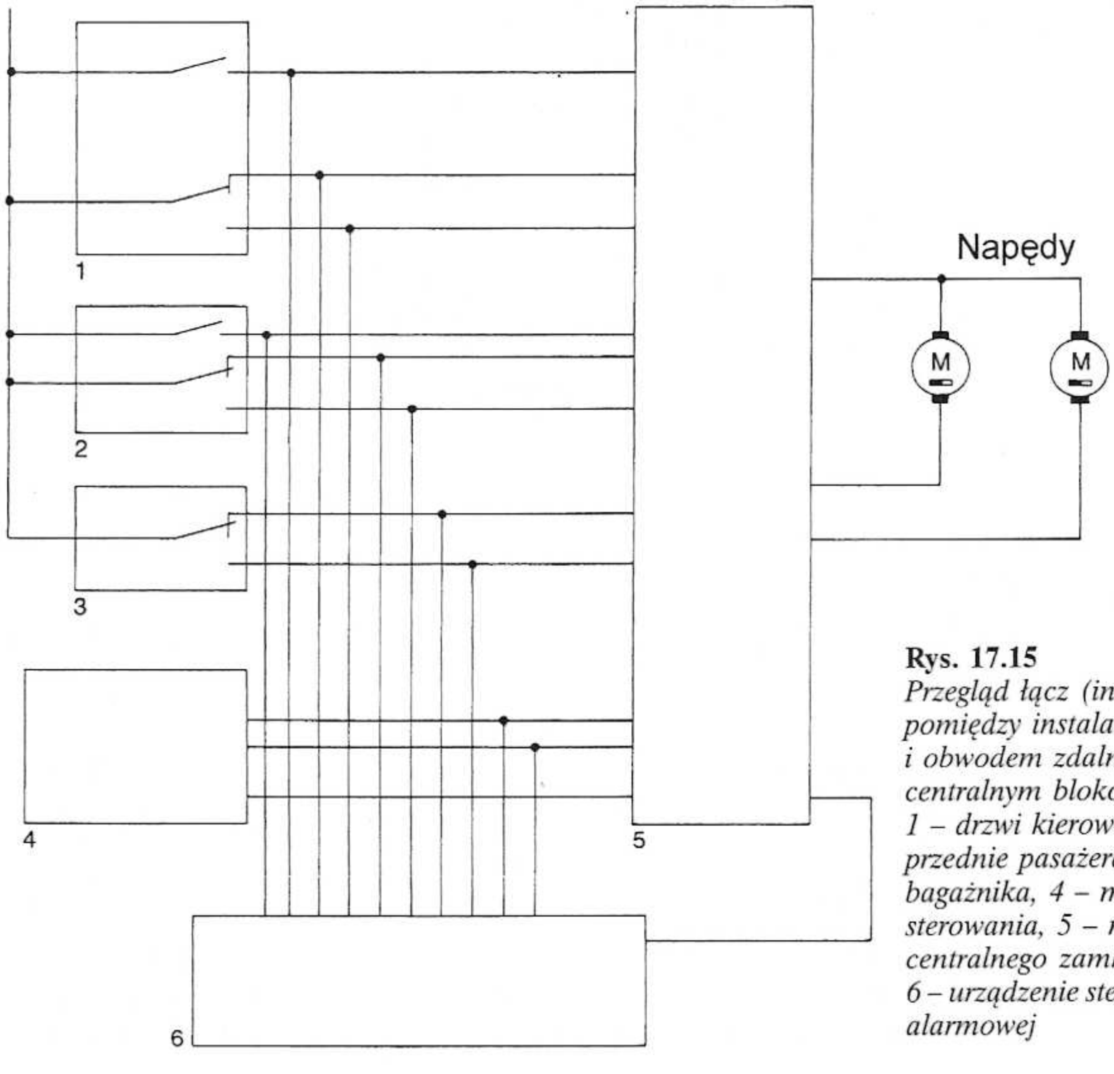
sygnału z kluczyka albo centralnego zamka. Na rysunku 17.15 widać, że urządzenia sterujące centralnym blokowaniem drzwi i instalacją alarmową rozpoznają prawidłowe zamknięcie wszystkich drzwi i pokryw na podstawie sygnału napięcia z zestyku siłownika centralnego zamka, albo z mikrowyłączników w drzwiach i pokrywach.

Urządzenie sterujące rozpoznaje niedokładnie zamknięte albo nie zaryglowane drzwi lub pokrywę bagażnika. Kierowca jest o tym informowany na ogół za pomocą pulsowania odpowiedniej lampki kontrolnej (albo innego wskaźnika). Urządzenie sterujące centralnym zamkiem wysyła do urządzenia sterującego instalacji alarmowej łączącym je przewodem dodatkowy krótki sygnał napięcia, informujący o prawidłowym zaryglowaniu wszystkich drzwi i pokryw. Wówczas może być włączona instalacja alarmowa.

W przeszłości w niektórych rozwiązaniach urządzenie alarmowe było aktywowane za pomocą osobnego kluczyka wkładanego do specjalnego gniazda, w którym znajdował się mikrowyłącznik.

Najpewniejszym sposobem włączania instalacji alarmowej jest zdalne sterowanie. Zdalny sterownik może emitować sygnały radiowe albo promieniowanie podczerwone. Dla skutecznej ochrony jest ważne, aby wymieniane pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem sygnały były za każdym razem **od nowa kodowane**. „Podsłuchanie" i skopiowanie sygnału kodowego nic nie da złodziejowi, gdyż kod ten po

użyciu staje się nieaktualny. Metoda ta nie pozwala jednak na włączanie i wyłączanie instalacji alarmowej za pomocą kluczyka. Połączenie zdalnej obsługi instalacji alarmowej i centralnego blokowania drzwi stwarza optymalne warunki ochrony samochodu. Wadą jest to, że po wyczerpaniu się baterii w zdalnym nadajniku nie można zamknąć i zaryglować drzwi samochodu za pomocą kluczyka bez wzniecenia alarmu. Dlatego też zdalne sterowanie instalacją alarmową jest stosowane jako odrębny element komfortu obsługi.



Rys. 17.15
Przegląd łącz (interfejsów) pomiędzy instalacją alarmową i obwodem zdalnego sterowania centralnym blokowaniem drzwi 1 – drzwi kierowcy, 2 – drzwi przednie pasażera, 3 – pokrywa bagażnika, 4 – moduł zdalnego sterowania, 5 – moduł centralnego zamka, 6 – urządzenie sterujące instalacji alarmowej

Sygnały zdalnego nadajnika są analizowane zarówno przez urządzenie sterujące centralnego zamka, jak też urządzenie sterujące instalacji alarmowej. Sprawdzanie tych sygnałów ma niewiele sensu. Można jedynie skontrolować przewody w instalacji i ich mocowanie oraz wymienić, jeżeli są w złym stanie.

Najważniejszymi sygnałami wejściowymi instalacji alarmowej jest, jak w każdym innym elektronicznym urządzeniu sterującym, zasilanie elektryczne przez zaciski 30 i 31. Sygnały wejściowe zacisków 15 i 61 służą bezpieczeństwu instalacji; jeżeli na którymś z tych zacisków jest napięcie, nie jest możliwe uruchomienie instalacji alarmowej. Pojawienie się sygnału napięcia na jednym z tych zacisków po aktywowaniu instalacji będzie odczytane jako nieuprawnione manipulowanie przy instalacji i spowoduje podniesienie alarmu.

Instalacja alarmowa, zabezpieczająca samochód przez kradzieżą, podobnie jak wszystkie inne układy elektroniczne w samochodzie, ma możliwość samodiagnozy. Dlatego też prace obsługowe należy zawsze zaczynąć od odczytania zawartości pamięci diagnostycznej w celu sprawdzenia zarejestrowanych w niej kodów usterek.

17.2.3. Sygnały wyjściowe i schemat elektryczny instalacji alarmowej

Najważniejszym sygnałem wyjściowym urządzenia sterującego instalacji alarmowej jest sygnał uruchomienia akustycznej i optycznej sygnalizacji alarmowej.

Alarm akustyczny stanowią przerywane sygnały dźwiękowe. Do tego celu najczęściej wykorzystywano do niedawna sygnał dźwiękowy samochodu. Obecnie częściej stosuje się odrębny sygnał akustyczny, montowany w trudnodostępnym, niewidocznym miejscu. Alarm akustyczny jest uruchamiany za pośrednictwem przekaźnika, znajdującego się wewnątrz urządzenia sterującego.

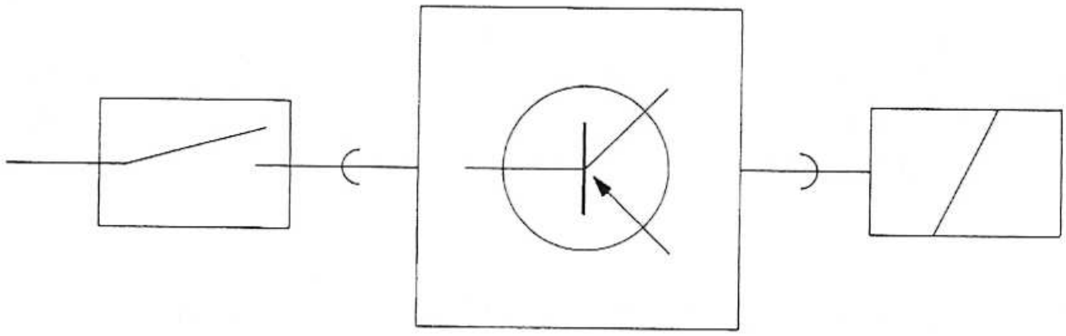
W Niemczech dopuszcza się tylko alarm optyczny, polegający na włączeniu świateł awaryjnych. Zależnie od rozwiązania optyczne sygnały migowe mogą być włączane bezpośrednio przez urządzenie sterujące albo za pośrednictwem przekaźnika. Ponieważ w innych krajach dopuszcza się także sygnały optyczne światłami mijania, istnieje odrębny przewód do przekaźnika albo sterownika świateł. Odpowiednie kodowanie urządzenia sterującego instalacji alarmowej w samochodach eksploatowanych w Niemczech blokuje sygnał wyjściowy do przekaźnika świateł. Kodowanie to może być anulowane za pomocą fabrycznego komputera diagnostycznego.

Istnieje wiele rozwiązań uniemożliwiających osobom nieuprawnionym rozruch silnika i odjechanie samochodem. Wiele towarzystw ubezpieczeniowych żąda montowania w samochodzie co najmniej dwóch różnych instalacji, chroniących przed kradzieżą.

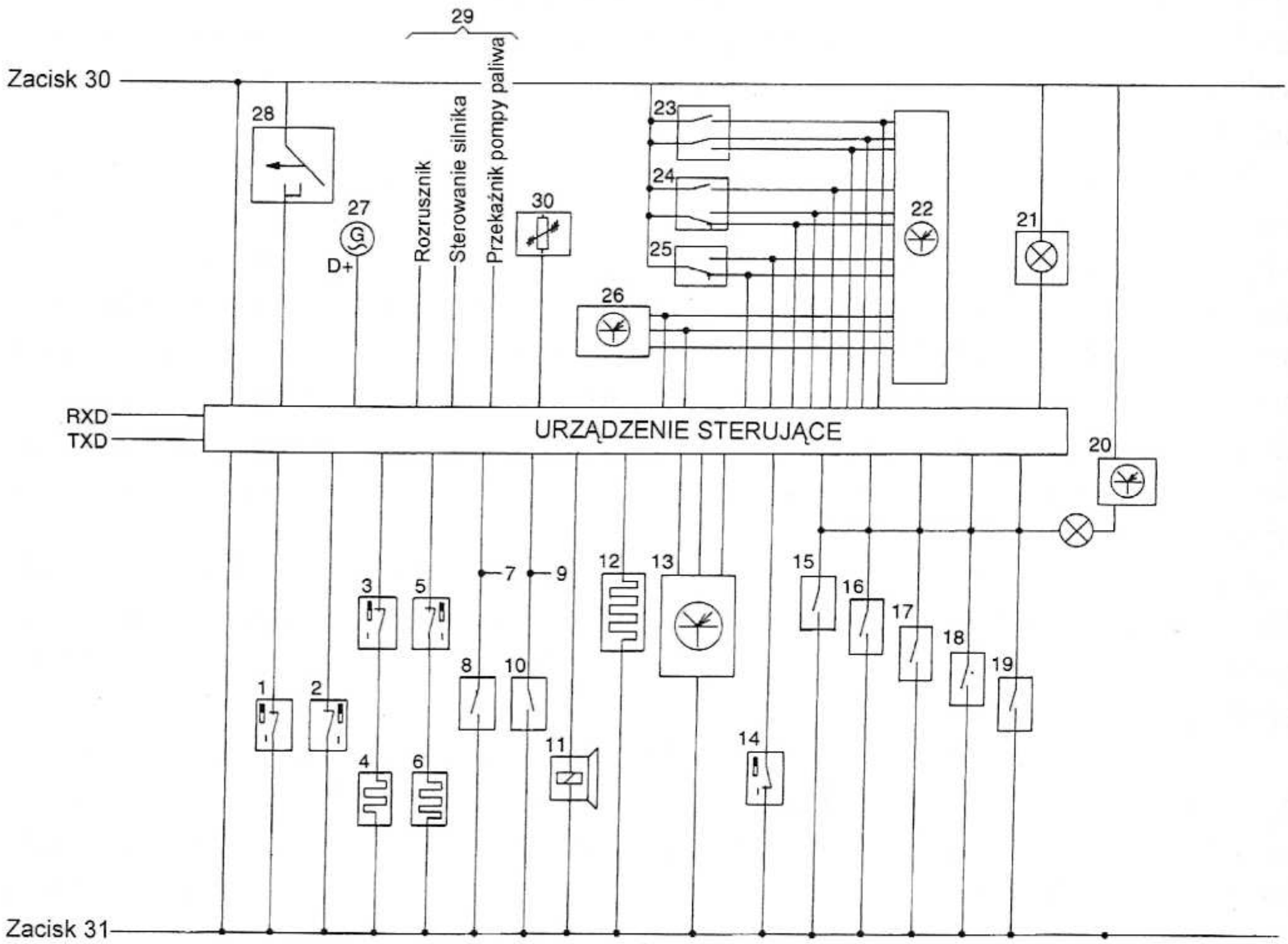
Najprostszym rozwiązaniem jest połączenie przewodem instalacji alarmowej z urządzeniem sterującym układu sterowania silnika (np. Motronic). Z aktywnej instalacji alarmowej jest wysyłany tym przewodem sygnał napięcia do odpowiedniego urządzenia sterującego, które blokuje zapłon, dopływ paliwa lub wtrysk paliwa (tzw. immobilizer).

Inny sposób uniemożliwienia jazdy to poprowadzenie przewodu z wyłącznika zapłonu (zacisk 50) do elektromagnetycznego włącznika rozrusznika poprzez urządzenie sterujące instalacji alarmowej (rys. 17.16). W taki sam sposób może być przerywane albo blokowane sterowanie pompy paliwa. Nie jest już wtedy możliwy rozruch silnika metodą zwarcia na krótko przewodów z ominięciem wyłącznika zapłonu (stacyjki).

Jeszcze inne rozwiązanie to przerwanie obwodu na zacisku 15 cewki zapłonowej także za pośrednictwem urządzenia sterującego instalacji alarmowej. Sposób ten jest jednak rzadko stosowany. Współczesne instalacje uniemożliwiające uruchomienie samochodu są zbudowane tak, jak opisano w punkcie 17.1.



Rys. 17.16
Blokowanie rozruchu silnika przez instalację alarmową



Rys. 17.17
Schemat instalacji alarmowej
1 – zestyk nadzorujący prawej, bocznej szyby (przód), 2 – zestyk nadzorujący lewej, bocznej szyby (przód), 3 – zestyk nadzorujący prawej, bocznej szyby (tył), 4 – obwód z pętlą, prawe, tylne drzwi, 5 – zestyk nadzorujący lewej, bocznej szyby (tył), 6 – obwód z pętlą, lewe, tylne drzwi, 7 – oświetlenie bagażnika, 8 – zestyk pokrywy bagażnika, 9 – oświetlenie schowka, 10 – zestyk pokrywy schowka, 11 – sygnał dźwiękowy, 12 – ogrzewanie tylnej szyby, 13 – czujnik pochylenia, 14 – styk kontaktronowy prędkościomierza, 15 – mikrowyłącznik pokrywy przedziału silnika, 16 – mikrowyłącznik w prawych tylnych drzwiach, 17 – mikrowyłącznik w lewych tylnych drzwiach, 18 – mikrowyłącznik w prawych przednich drzwiach, 19 – mikrowyłącznik w lewych przednich drzwiach, 20 – sterowanie oświetlenia wewnętrznego, 21 – wskaźnik optyczny, 22 – centralny zamek, 23 – napęd blokady drzwi kierowcy, 24 – napęd blokady prawych, przednich drzwi, 25 – napęd blokady pokrywy bagażnika, 26 – zdalne sterowanie, 27 – prądnica, 28 – wyłącznik zapłonu (stacyjka), 29 – blokada rozruchu silnika, 30 – przekaźnik kierunkowskazów

Lampka albo wskaźnik informują kierowcę, niekiedy także złodzieja, o statusie instalacji alarmowej (aktywna, wyłączona). Instalacja jest sterowana bezpośrednio przez urządzenie sterujące. Po włączeniu instalacji użytkownik jest informowany o niewłaściwie zamkniętych (zaryglowanych) drzwiach i pokrywach za pośrednictwem świecącego (albo gasnącego) wskaźnika. Znaczenie wskaźnika optycznego (świeci, gaśnie, miga) może być różne u poszczególnych producentów. Często istnieje możliwość zmiany zachowania się wskaźnika.

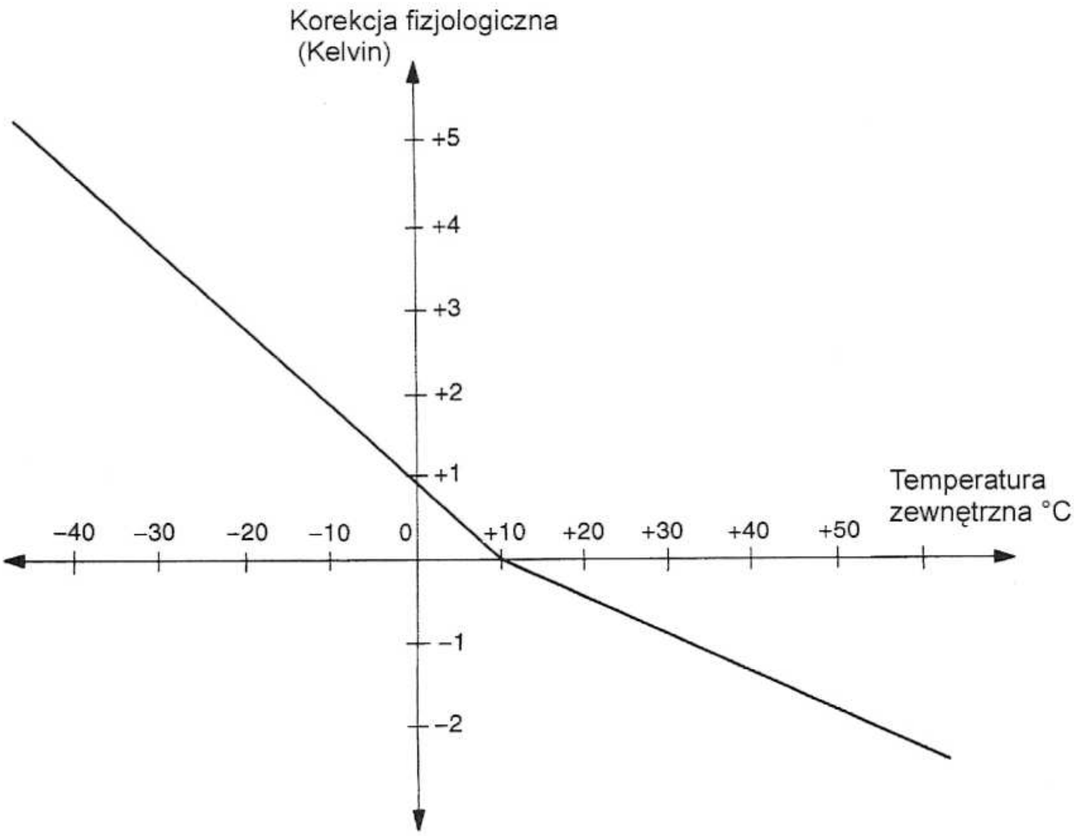
Na rysunku 17.17 pokazano schemat instalacji alarmowej z ochroną przestrzeni wewnętrznej i czujnikami pochylenia.

18. Układy zwiększające komfort jazdy

18.1. Sterowanie ogrzewania i klimatyzacji

18.1.1. Opis działania i budowa układu

Za pomocą sterowania ogrzewania i klimatyzacji szybko się osiąga i utrzymuje wybraną temperaturę we wnętrzu samochodu. Możliwa jest odrębna regulacja dla kierowcy i dla pasażera obok. W tym celu zasysane z zewnątrz powietrze musi być ogrzane albo schłodzone i tak skierowane, aby uzyskać przyjemne „rozwarstwienie" powietrza (ciepłe stopy i zimna głowa). Ponadto układy ogrzewania i klimatyzacji mają za zadanie oczyścić i nawilżyć powietrze.



Rys. 18.1
Kompensacja temperatury (tzw. dopasowanie fizjologiczne)

Do wypełnienia tych zadań urządzenie sterujące ogrzewania i klimatyzacji potrzebuje różnych sygnałów wejściowych w celu ustalenia parametrów otoczenia. Jednym z najważniejszych sygnałów wejściowych dla urządzenia sterującego jest wartość temperatury, ustawiona przez kierowcę i pasażera analogowo (za pomocą dźwigni i pokręteł) albo cyfrowo. Wybrana temperatura jest minimalnie zmieniana przez urządzenie sterujące w zależności od temperatury zewnętrznej (nie więcej jednak niż ±2°C) tak, aby we wnętrzu powstał przyjemny mikroklimat. Przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych temperatura wewnątrz samochodu jest nieco podwyższana, aby skompensować utratę ciepła przez przednią i boczne szyby (rys. 18.1)

Układ regulacji ogrzewania i klimatyzacji steruje ponad 20 różnymi silnikami nastawczymi w tym m.in. dwoma zaworami cieczowymi w układzie ogrzewania, sprężarką do schładzania i regulacji wilgotności oraz dmuchawą. Ponadto urządze-

Sygnały wejściowe	Przetwarzanie	Sygnały wyjściowe
Dźwignie lub pokrętła wyboru oczekiwanej temperatury Pokrętło ustawień dmuchawy Przełącznik programów (klimatyzacja, odmrażanie szyb, przewietrzanie, wyłącznik automatycznego rozdziału wartości temperatury) Wyłącznik ogrzewania tylnej szyby. Czujnik temperatury zewnętrznej Dodatkowy czujnik temperatury wody i dwa czujniki temperatury w wymienniku ciepła Czujnik temperatury w parowniku Czujnik temperatury w kabinie Sygnał prędkościomierza Czujnik włączania zegara czasowego układu ogrzewania i przewietrzania na czas parkowania Światła pozycyjne (wyłącznik świateł) Zacisk 50 Zacisk 15 Zacisk 30 Zacisk 31	URZĄDZENIE STERUJĄCE ↑ ↓ Diagnoza	Dmuchawa Sprężarka klimatyzacji Do 20 silników nastawczych dla przesłon powietrza Zawory przepływu cieczy Dodatkowa pompa cieczy Ogrzewanie przedniej i tylnej szyby Urządzenie sterujące silnika, wzbogacanie mieszanki na biegu jałowym (tylko w czasie regulacji klimatyzacji)

Rys. 18.2
Przegląd układu ogrzewania i klimatyzacji

nie sterujące może obsługiwać ogrzewanie przedniej i tylnej szyby. W niektórych układach urządzenie sterujące ma ponad 100 styków dla sygnałów wejściowych i wyjściowych. Dalej opisano taki rozbudowany układ ogrzewania i klimatyzacji. Również schemat omówiony w punkcie 18.1.5 i zamieszczony na rysunku 18.2 odnosi się do układu z wieloma wejściami i wyjściami w urządzeniu sterującym.

18.1.2. Zasada działania klimatyzacji

Działanie układu klimatyzacji opiera się na tym, że czynnik chłodniczy (jak każda substancja chemiczna) oddaje albo pobiera ciepło przy zmianie stanu skupienia (stały, ciekły, gazowy). Zmiana stanu z ciekłego na gazowy czynnika wymaga doprowadzenia energii. Czynnik pobiera ją z otoczenia w postaci ciepła. Podczas przejścia ze stanu gazowego w ciekły czynnik chłodniczy oddaje energię cieplną.

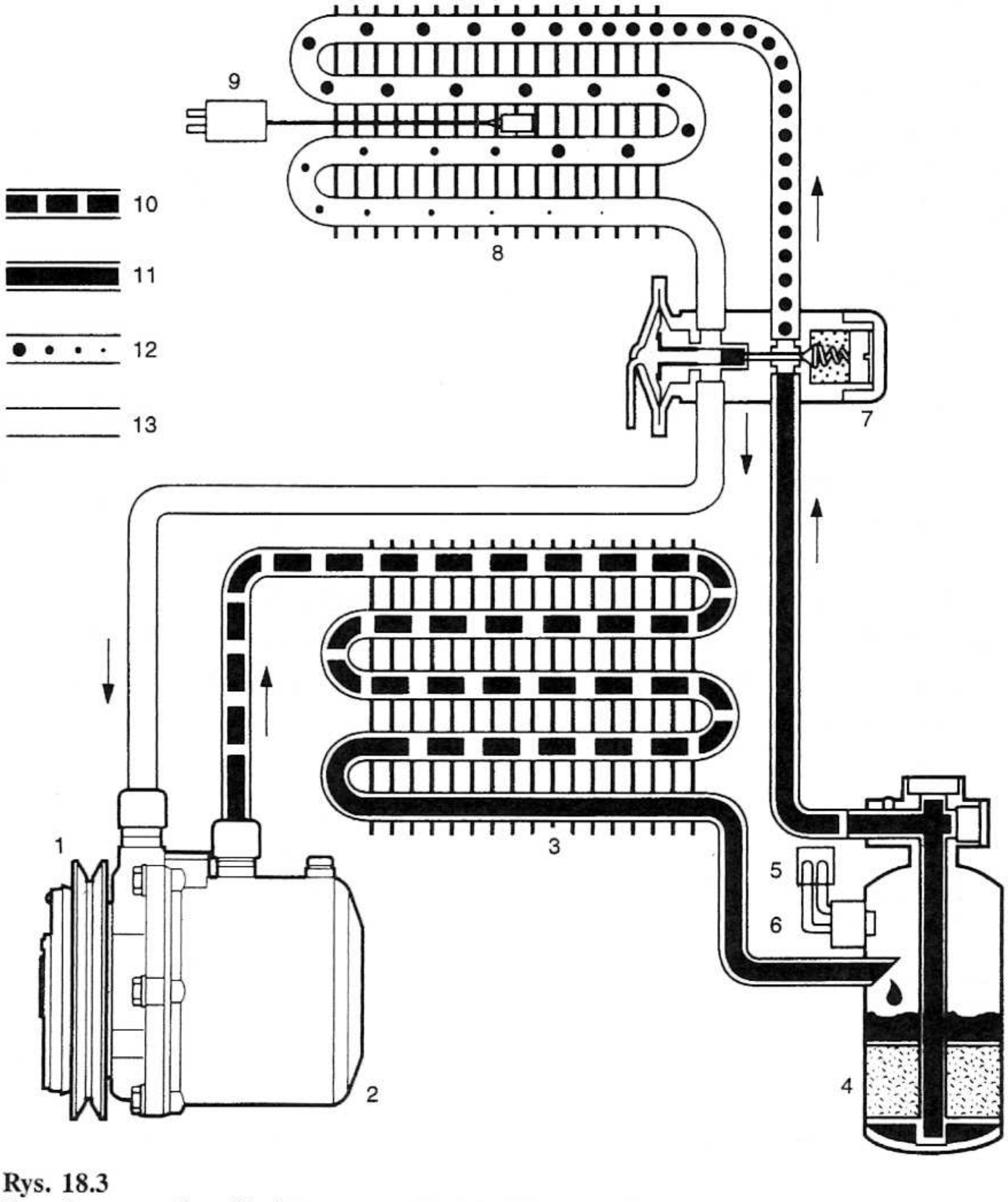
Jako czynnik chłodniczy musi być użyta ciecz, która ma możliwie niską temperaturę wrzenia (przejście ze stanu ciekłego w gazowy). Punkt wrzenia może być przesunięty pod wpływem ciśnienia, co powoduje jednocześnie ogrzanie czynnika. Jako czynnik chłodniczy jest używana ciecz o oznaczeniu R134a (czterofluoroetan), której temperatura wrzenia wynosi ok. −26°C przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym. Przy ciśnieniu 1,5 MPa temperatura wrzenia czynnika R134a wzrasta do ok. 55°C. Wykorzystanie tych ogólnych praw fizyki i chemii na potrzeby klimatyzacji w samochodzie pokazano na rysunku 18.3.

Napędzana przez silnik, za pośrednictwem elektromagnetycznego sprzęgła (1), sprężarka (2) zasysa czynnik chłodniczy w stanie gazowym i spręża go do ciśnienia ok. 1,5 MPa. Pod wpływem wzrostu ciśnienia temperatura czynnika chłodniczego rośnie do ok. 70°C. W skraplaczu (3) czynnik chłodniczy się schładza i oddaje ciepło powietrzu otoczenia. Po schłodzeniu, pozostający pod ciśnieniem czynnik chłodniczy (11) przechodzi w stan ciekły, gdyż jego temperatura wrzenia pod ciśnieniem 1,5 MPa wynosi około 55°C. Następnie czynnik chłodniczy dostaje się do zbiornika odwadniacza (4), gdzie jest oczyszczany i odwadniany.

Po przekroczeniu ciśnienia otwarcia, przez zawór rozprężny (7) czynnik chłodniczy dostaje się ze strefy wysokiego ciśnienia do strefy niskiego ciśnienia (12). Mniejsze ciśnienie oznacza obniżenie temperatury wrzenia i przejście czynnika ze stanu ciekłego w gazowy. W parowniku (8) czynnik chłodniczy odbiera ciepło od powietrza otoczenia. Powietrze kierowane przez dmuchawę na wężownicę parownika jest dzięki temu schładzane.

Para wodna zawarta w chłodzonym przez parownik powietrzu skrapla się do pojemnika skroplin, które są odprowadzane odpływami na zewnątrz. Spadek temperatury w parowniku poniżej 5°C prowadziłby do jego oblodzenia. W celu uniknięcia oblodzenia w parowniku umieszczono czujnik temperatury (9). Jego sygnał powoduje rozłączenie sprzęgła elektromagnetycznego przez urządzenie sterujące i zatrzymanie sprężarki. Obwód czynnika chodniczego układu klimatyzacji zostaje w ten sposób przerwany. Dodatkowym, pozytywnym efektem kondensacji pary wodnej jest przyjemne uczucie świeżości powietrza przy niewielkiej wilgotności. Ponadto wytrącają się zawarte w powietrzu zanieczyszczenia.

Razem z czynnikiem chłodniczym w obwodzie przepływa tzw. olej chłodniczy do smarowania sprężarki i zaworu rozprężnego. Ze względów bezpieczeństwa zasilanie sprzęgła elektromagnetycznego może być dodatkowo przerwane przez dwa zawory: niskociśnieniowy i wysokociśnieniowy (5 i 6). W razie awarii, np. zablokowania się zaworu rozprężnego, zawór wysokociśnieniowy chroni układ przez nadmiernym wzrostem ciśnienia. Zawór niskociśnieniowy rozłącza sprzęgło elektromagnetyczne, jeżeli ciśnienie spadnie poniżej wyznaczonego dolnego progu, gdyż jest to na ogół wynikiem nieszczelności układu. Zbyt mały przepływ czynnika chłodniczego oznaczałby także za mały przepływ oleju i niedostateczne smarowanie.



Rys. 18.3
Przepływ czynnika chłodniczego w układzie klimatyzacji
1 – sprzęgło elektromagnetyczne, 2 – sprężarka, 3 – skraplacz, 4 – odwadniacz, 5, 6 – zespolony zawór bezpieczeństwa (wysokie i niskie ciśnienie), 7 – zawór rozprężny, 8 – parownik, 9 – czujnik temperatury, 10 – wysokie ciśnienie czynnika w stanie gazowym, 11 – wysokie ciśnienie czynnika w stanie ciekłym, 12 – niskie ciśnienie czynnika w stanie ciekłym, 13 – niskie ciśnienie czynnika w stanie gazowym

Coraz częściej zamiast sprzęgła elektromagnetycznego, które może być odpowiednio włączane lub wyłączane, stosuje się regulowane objętościowo sprężarki tarczowe. Te nowe sprężarki, których wydatek może być regulowany od 0 do 100%, nie wymagają już sprzęgła elektromagnetycznego.

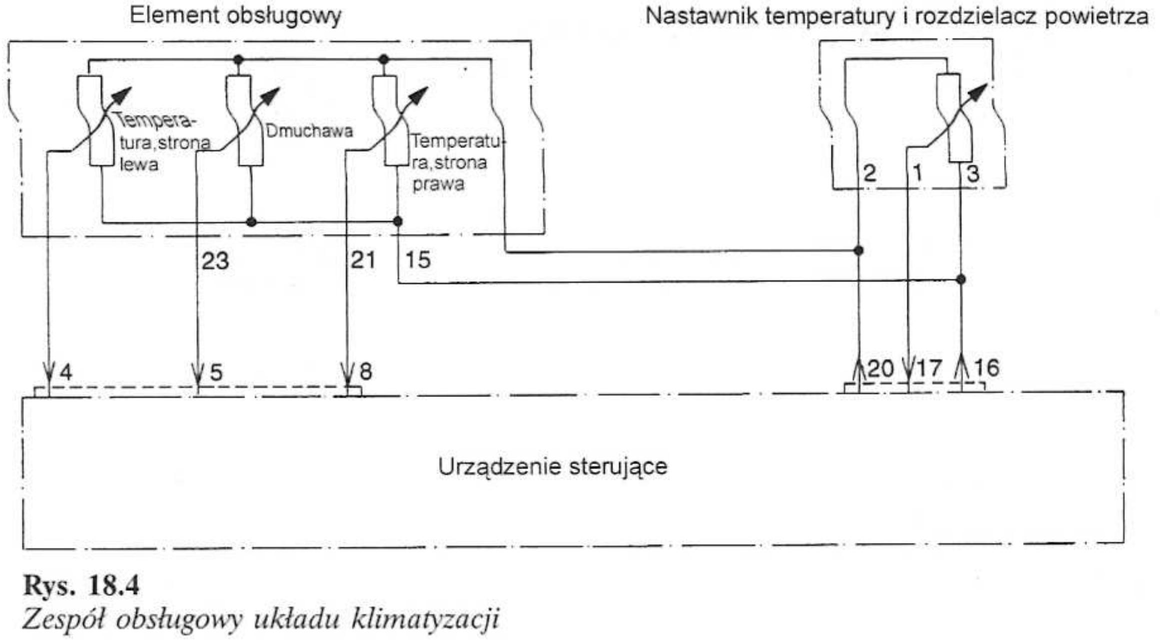
Stosowane poprzednio czynniki chłodnicze R12 zawierały chlorofluorowęglowodory (FCKW), które niszczyły warstwę ozonową. Od roku 1991 jako czynnika chłodniczego używa się R134a nie zawierającego związków chloru. Od roku 1995 produkcja materiałów zawierających freony jest w Niemczech zabroniona.

Obecność R134a jako czynnika chłodniczego wymaga stosowania specjalnych materiałów na przewody, uszczelnienia itp. w układzie klimatyzacji. Dlatego też należy układ napełniać wyłącznie oryginalnym czynnikiem chłodniczym. Nieodpowiedni czynnik powoduje szkody w postaci np. rozszczelnienia układu, niedostatecznego smarowania sprężarki itp. Zastąpienie czynnika R12 (nie produkowanego i niedozwolonego) w starszych układach klimatyzacji nowym czynnikiem wymaga wymiany niektórych elementów zgodnie z zaleceniami producenta. Dotyczy to także oleju smarnego, krążącego w układzie.

Rodzaj oleju smarnego zależy od używanego czynnika chłodniczego. Tylko odpowiedni dobór gwarantuje bezusterkowe działanie układu.

18.1.3. Sygnały wejściowe

Sygnały wejściowe służą urządzeniu sterującemu do ustalenia warunków otoczenia i zarejestrowania żądań kierowcy i pasażera, którzy definiują je za pomocą, znajdujących się w zespole regulacji, obrotowych potencjometrów albo przełączników. Na podstawie spadku napięcia na potencjometrach urządzenie sterujące rozpoznaje wybraną temperaturę po prawej i lewej stronie, ustawienie dmuchawy i rozdzielacza powietrza. W tym celu urządzenie sterujące przez styk 20 zasila potencjometry napięciem ok. 5 V (rys. 18.4).



Rys. 18.4
Zespół obsługowy układu klimatyzacji

Styk 16 jest wspólnym połączeniem nastawników z masą za pośrednictwem urządzenia sterującego. Potencjometry można sprawdzić mierząc ich rezystancję albo spadek napięcia na nich. Ustawienie pokrętła dmuchawy w pozycji 0 wyłącza układ ogrzewania i klimatyzacji. Wszystkie możliwe ustawienia układu dla kierowcy i pasażera za pomocą przycisków programatora pokazano na rysunku 18.5. W ten sposób są wybierane różne programy ustawienia temperatury i kierunków strug powietrza wewnątrz samochodu. Urządzenie sterujące wysyła do każdego z wyłączników (przycisków) sygnały o prostokątnej charakterystyce i różnej częstotliwości i na tej podstawie rozpoznaje, który z przycisków został użyty. Sygnały prostokątne można mierzyć współczynnikiem trwania impulsu albo częstotliwością na wejściu i wyjściu. Poprawność działania wyłączników sprawdza się mierząc ich rezystancję.

Warunki otoczenia są ustalane za pomocą czujników temperatury (przeważnie są to rezystory NTC). Mierzą one temperaturę powietrza na zewnątrz i wewnątrz samochodu, temperaturę w parowniku i w dwóch rozdzielaczach strug powietrza (po prawej i po lewej stronie). Czujniki sprawdza się za pomocą pomiaru rezystancji. Czujnik temperatury wewnętrznej jest owiewany powietrzem przez niewielką dmuchawę, zasilaną bezpośrednio z akumulatora po włączeniu ogrzewania i klimatyzacji. W trakcie poszukiwania usterek należy sprawdzić działanie tej dmuchawy. Owiewanie czujnika ma zagwarantować prawidłowy pomiar temperatury we wnętrzu samochodu. W przeciwnym razie zmierzona byłaby zaledwie temperatura nagromadzonego wokół czujnika ciepłego powietrza. Urządzenie sterujące otrzymuje także prostokątny sygnał o zmiennej częstotliwości z prędkościomierza. Na podstawie tego sygnału, po przekroczeniu prędkości ok. 60 km/h rozpoczyna się stopniowe przymykanie wlotów powietrza z zewnątrz, odpowiednio do rosnącego z prędkością ciśnienia spiętrzenia.

Sygnał z wyłącznika świateł (światła mijania) powoduje oświetlenie wskaźników ogrzewania i klimatyzacji, jeżeli są one aktywne.

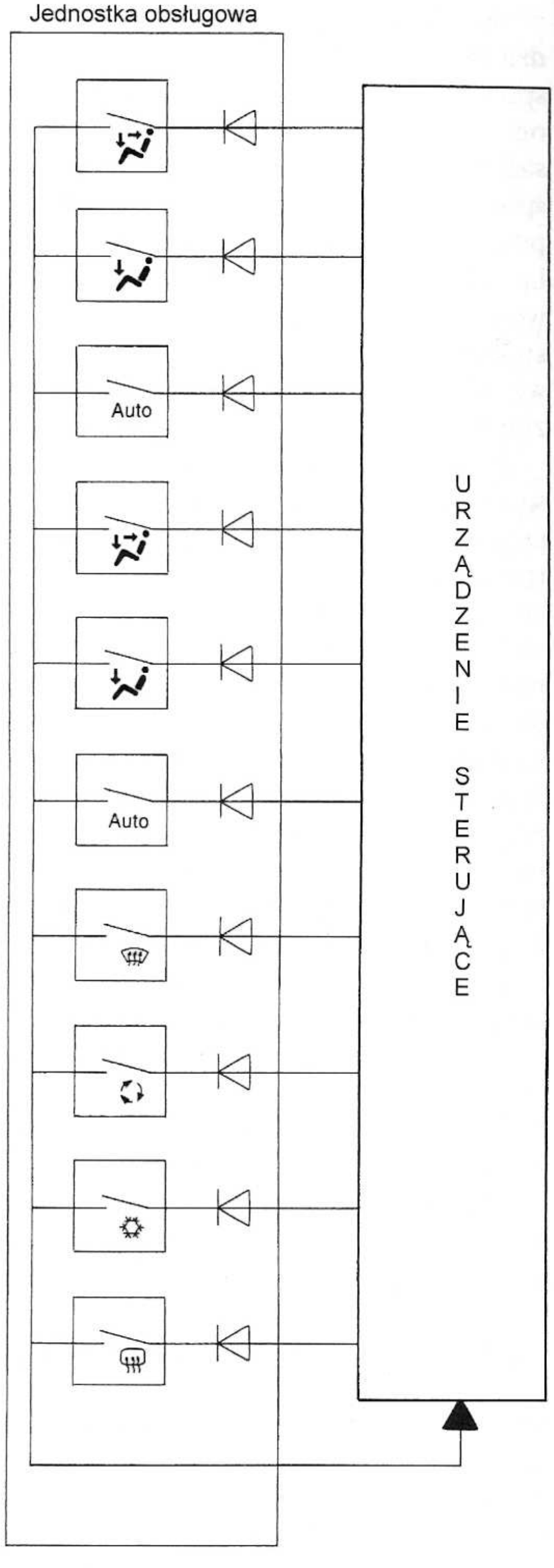
Za pośrednictwem zestyku sprzężonego z zegarem urządzenie sterujące włącza ogrzewanie wnętrza podczas parkowania samochodu. Zwarty zestyk wysyła przewodem do urządzenia sterującego sygnał o prostokątnej charakterystyce (pomiar na podstawie współczynnika trwania impulsu).

Jak każda instalacja elektroniczna, również układ ogrzewania i klimatyzacji musi być zasilany prądem. Służą do tego przeważnie zaciski 30, 15 i 31, które są najważniejszymi sygnałami wejściowymi urządzenia sterującego.

18.1.4. Sygnały wyjściowe i sposób działania

W celu ustawienia temperatury albo rozdziału powietrza zgodnie z żądaniem kierowcy i pasażera urządzenie sterujące musi sterować pracą silników nastawczych rozdzielacza strug powietrza i dmuchawy, dwoma zaworami cieczowymi ogrzewania nagrzewnicy oraz sprężarką układu klimatyzacji. Silniki nastawcze, nagrzewnica, parownik i dmuchawa tworzą wspólny zespół ogrzewania i klimatyzacji.

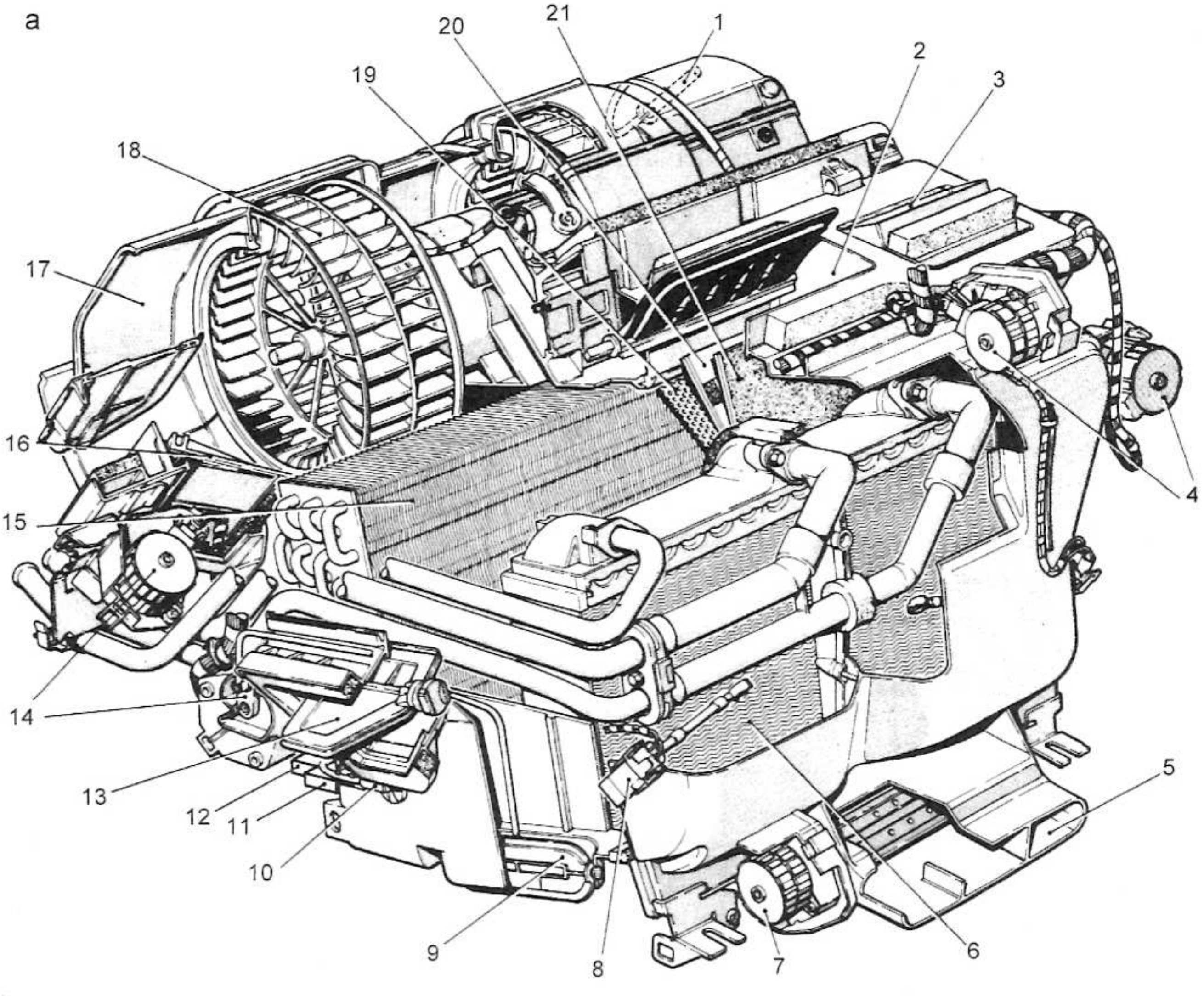
1. Rozdział strugi powietrza na głowę i nogi (od strony kierowcy)
2. Nawiew tylko na nogi (od strony kierowcy)
3. Automatyczne sterowanie nawiewu góra/dół (od strony kierowcy)
4. Rozdział strugi powietrza na głowę i nogi (od strony pasażera)
5. Nawiew tylko na nogi (od strony pasażera)
6. Automatyczne sterowanie nawiewu góra/dół (od strony pasażera)
7. Funkcja odmrażania (najwyższy priorytet, wszystkie inne opcje są w tym czasie wyłączane)
8. Powietrze obiegowe (recyrkulacja powietrza we wnętrzu przy zamkniętych wlotach z zewnątrz)
9. Przycisk klimatyzacji (włączanie układu klimatyzacji)
10. Ogrzewanie tylnej szyby



Rys. 18.5
Sterowanie przycisków programatora

Przykładowe rozmieszczenie poszczególnych elementów takiego zespołu pokazano na rysunku 18.6. Dmuchawa (18) jest regulowana przez urządzenie sterujące sygnałami masowymi. Zasilanie (+) jest doprowadzone za pośrednictwem przekaźnika. Obwód prądu sterującego przekaźnika jest zamknięty przez zacisk 15.

Sterowanie dmuchawy może być skontrolowane za pomocą pomiaru napięcia. Prędkość obrotowa dmuchawy nie zawsze musi odpowiadać położeniu pokrętła do

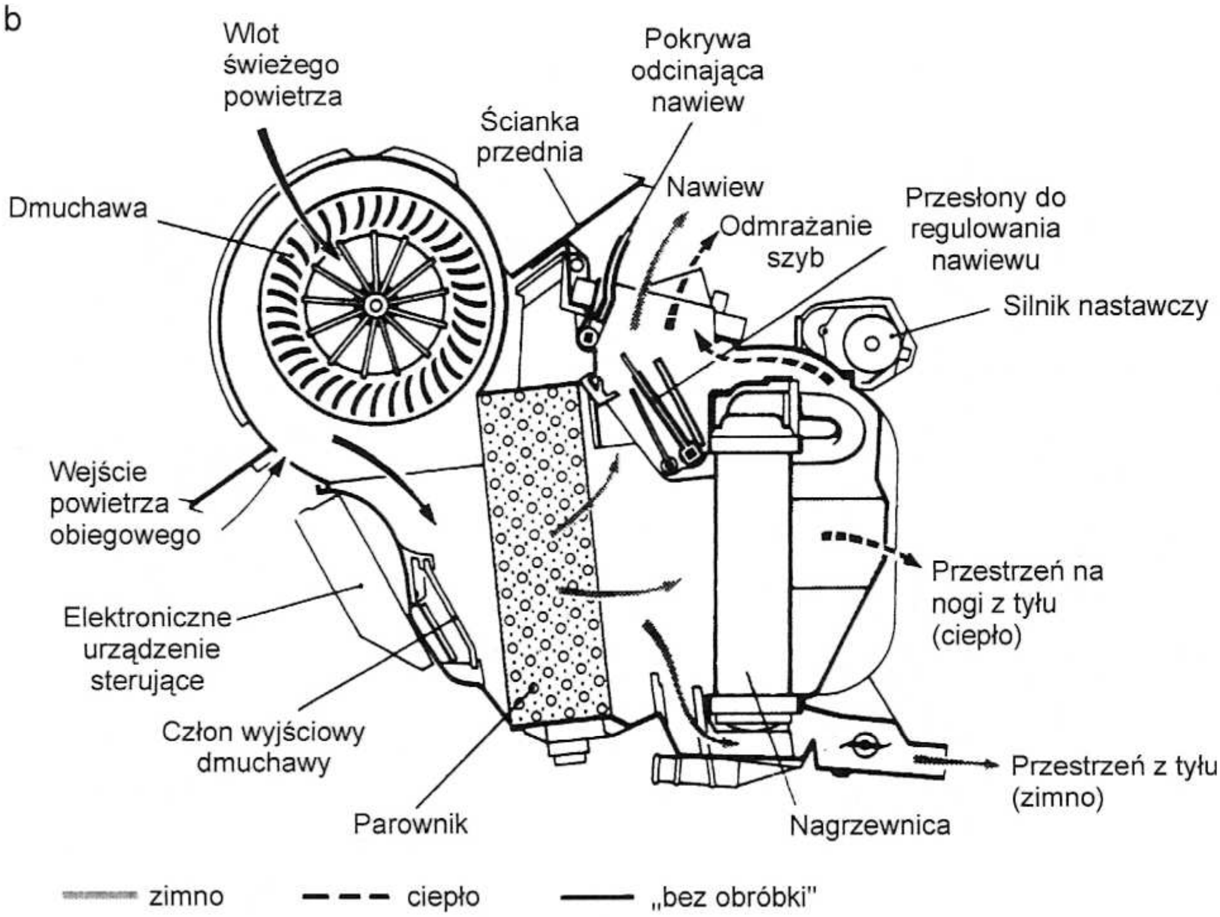


Rys. 18.6a
Przekrój zespołu ogrzewania i klimatyzacji
1 – czujnik temperatury powietrza zewnętrznego, 2 – wentylacja z przodu, 3 – odmrażanie szyb, 4 – elektryczny nastawnik, 5 – wentylacja z tyłu, 6 – nagrzewnica, 7 – elektryczny nastawnik, 8 – czujnik temperatury nagrzewnicy, 9 – przestrzeń na nogi z tyłu, 10 – czujnik temperatury parownika, 11 – elektroniczne urządzenie sterujące, 12 – człon wyjściowy, 13 – przestrzeń na nogi z przodu, 14 – elektryczny nastawnik, 15 – parownik, 16 – powietrze obiegowe, 17 – świeże powietrze, 18 – dmuchawa, 19 – perforowana pokrywa blaszana, 20 – zasłona umiarkowanego przewietrzania, 21 – pokrywa kierująca

ustawiania jej prędkości obrotowej. Na przykład bez względu na położenie pokrętła podczas realizowania funkcji „odmrażanie szyb" dmuchawa jest zasilana maksymalnym prądem.

Elektromagnetyczne zawory cieczowe znajdują się przeważnie w przedziale silnika na wlocie do zespołu ogrzewania i klimatyzacji. Ze względów bezpieczeństwa, bez prądu są otwarte. Są zasilane (+) z zacisku 15, a sygnał masy otrzymują z urzą-

dzenia sterującego. W zależności od temperatury zewnętrznej i temperatury cieczy chłodzącej (jest ona jednocześnie czynnikiem grzewczym) zawory cieczowe są sterowane impulsowo (taktowane) przez urządzenie sterujące. W ten sposób nagrzewnica (6) jest zasilana odpowiednią ilością cieczy chłodzącej (grzewczej). Przy bardzo niskiej temperaturze zewnętrznej, całkowicie otwartych zaworach cieczowych, ustawionym na maksimum ogrzewaniu i silniku pracującym na biegu jałowym prze-



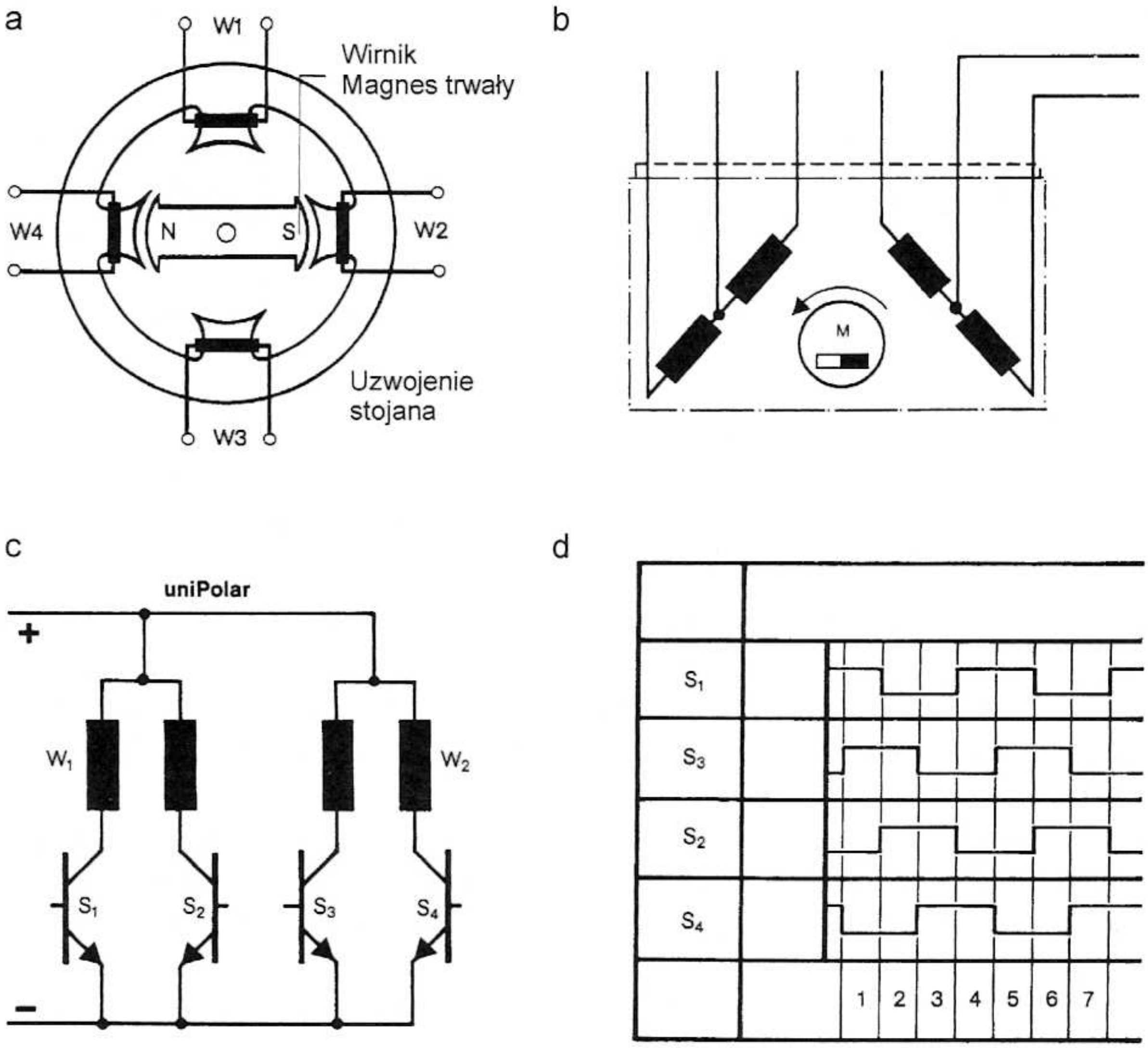
Rys. 18.6b
Schemat zespołu ogrzewania i klimatyzacji

pływ cieczy chłodzącej może być niedostateczny. Wówczas urządzenie sterujące uruchamia za pośrednictwem przekaźnika dodatkową elektryczną pompę cieczy chłodzącej.

Działanie zaworów cieczowych sprawdza się nastawiając programator na „maksymalne zimno" (zasilane prądem zawory są zamknięte) i mierząc na nich napięcie. W czasie powolnego podwyższania temperatury zawory powinny zacząć się otwierać i przymykać (taktować) aż do całkowitego otwarcia po ustawieniu programatora na „maksymalnie gorąco". Działanie dodatkowej pompy cieczy chłodzącej sprawdza się na biegu jałowym po ustawieniu programatora na „maksymalnie gorąco" mierząc napięcie.

Sprzęgło elekromagnetyczne sprężarki klimatyzacji jest połączone z zaciskiem 30 za pośrednictwem przekaźnika, który po stronie sterowania otrzymuje impulsy masowe z urządzenia sterującego a zasilanie (+) z zacisku 15 za pośrednictwem

ciśnieniowego zaworu bezpieczeństwa na odwadniaczu. Sterowanie przekaźnika może być przejęte przez urządzenie sterujące silnika na podstawie odpowiedniego sygnału masowego, otrzymywanego z urządzenia sterującego ogrzewania i klimatyzacji. Ten sam sygnał masowy powoduje także, przy sprężarce klimatyzacji pracującej na biegu jałowym, wzbogacenie mieszanki przez urządzenie sterujące silnika.



Rys. 18.7
Silnik krokowy:
a) budowa silnika krokowego, b) symbol graficzny silnika krokowego, c) inny symbol silnika krokowego, d) przebiegi sygnałów sterowania silnika krokowego

Nie tylko po włączeniu klimatyzacji, ale też przy opcji „powietrze obiegowe" i „odmrażanie" (nawiew tylko na szyby) może się włączyć sprężarka klimatyzacji. Włączanie i wyłączanie sprężarki następuje po sygnale z czujnika temperatury w parowniku. Sprężarka włącza się przy temperaturze w parowniku powyżej 3°C i wyłącza przy temperaturze poniżej 2°C.

Przy włączonej klimatyzacji znajdujący się przed chłodnicą dodatkowy wentylator pracuje na pierwszym zakresie. Na drugi zakres jest on przełączany, kiedy temperatura czynnika chłodniczego przekroczy 99°C albo zadziała zawór ciśnie-

niowy (przy ok. 1,7 MPa) na odwadniaczu. Urządzenie sterujące steruje silnikami nastawczymi klap w rozdzielaczu powietrza w celu odpowiedniego skierowania strug powietrza i uzyskania oczekiwanego rozkładu temperatur we wnętrzu samochodu. Silnikami nastawczymi są tzw. silniki krokowe, sterowane impulsami cyfrowymi. Poruszają się one precyzyjnie określonymi skokami i pozostają nieruchome w żądanym położeniu. Na rysunku 18.7 pokazano symbol graficzny, schemat poglądowy i przebiegi sygnałów sterowania silnika krokowego.

Silnik krokowy jest silnikiem prądu stałego. Składa się z wirnika, będącego magnesem trwałym i wielu par uzwojeń w stojanie. Prąd płynący przez uzwojenia stojana powoduje powstanie pola elektromagnetycznego, które obraca magnes wirnika. Dzięki odpowiedniej sekwencji sygnałów (impulsów prądowych) do uzwojeń stojana, wirnik zaczyna się obracać w żądanym kierunku. Silnik krokowy może być zatrzymany w dowolnym położeniu kątowym i ponownie uruchomiony. Z liczby par uzwojeń i ich rozmieszczenia wynika ilość impulsów na jeden obrót silnika i wielkość kąta obrotu na jeden skok (przeważnie 2 do 15 stopni).

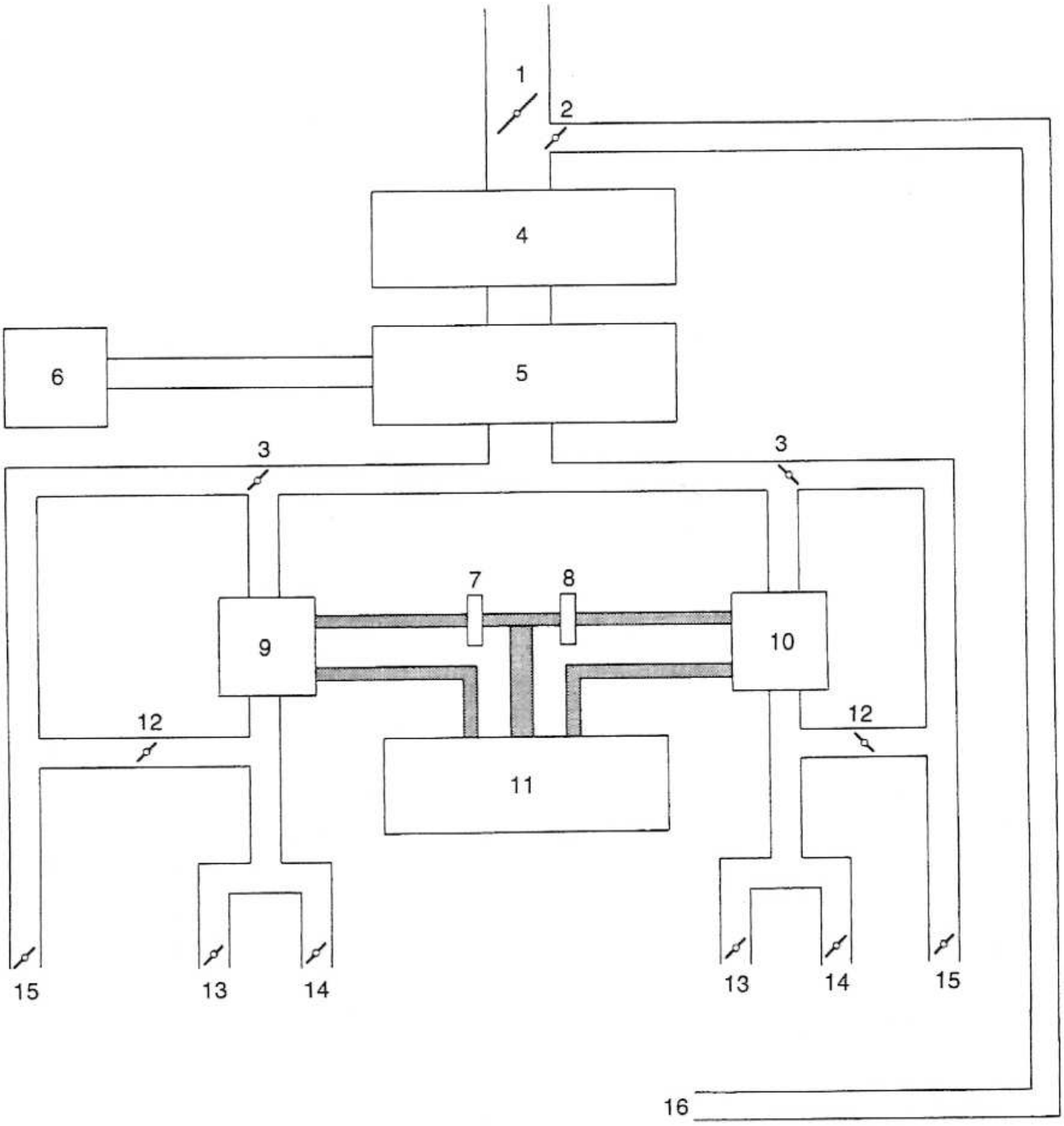
Nie ma możliwości otrzymywania informacji zwrotnych o aktualnym położeniu silnika krokowego. Dlatego też po przerwie w zasilaniu elektrycznym silniki ustawiają się najpierw automatycznie w ustalonym położeniu wyjściowym (wzorcowanie) i dopiero potem przyjmują żądane położenie.

Możliwości szerokiej regulacji, warunki otoczenia i różne rozwiązania konstrukcyjne tworzą dużą ilość wariantów ustawień: która przesłona powietrza, kiedy, jak szeroko i na jak długo ma być otwarta. Na rysunku 18.8 przedstawiono uproszczony schemat rozdzielacza powietrza oraz wzajemne zależności regulacji układu klimatyzacji i ogrzewania.

Umieszczenie parownika przed nagrzewnicą umożliwia, przy włączonej klimatyzacji, przepuszczanie powietrza zewnętrznego przez parownik w celu jego oczyszczenia i osuszenia. Temperatura wewnętrzna jest utrzymywana tylko przez sterowanie (taktowanie) zaworów cieczowych nagrzewnicy. Jest to konieczne szczególnie przy funkcjach „odmrażanie" i „recyrkulacja powietrza we wnętrzu", ponieważ w obu tych ustawieniach powietrze nie może być wilgotne. W czasie recyrkulacji powietrza we wnętrzu przesłona (klapa) zewnętrznego, świeżego powietrza (1) jest zamknięta i przy otwartej przesłonie recyrkulacji powietrza (2) jest zasysane powietrze z wnętrza samochodu.

Urządzenie sterujące układu ogrzewania i klimatyzacji steruje również ogrzewaniem przedniej i tylnej szyby. Ogrzewanie przedniej szyby (jeżeli występuje) jest automatycznie zasilane prądem w temperaturze poniżej 5°C. Steruje tym przekaźnik, który otrzymuje z urządzenia sterującego sygnał masowy. Ogrzewanie szyby tylnej działa dopiero po wciśnięciu odpowiedniego przycisku. Także w tym przypadku zasilanie następuje za pośrednictwem przekaźnika, do którego obwodu sterującego trafia sygnał masowy z urządzenia sterującego.

Jeżeli jest zainstalowana dodatkowo funkcja ogrzewania albo przewietrzania podczas parkowania samochodu, wtedy urządzenie sterujące jest włączane

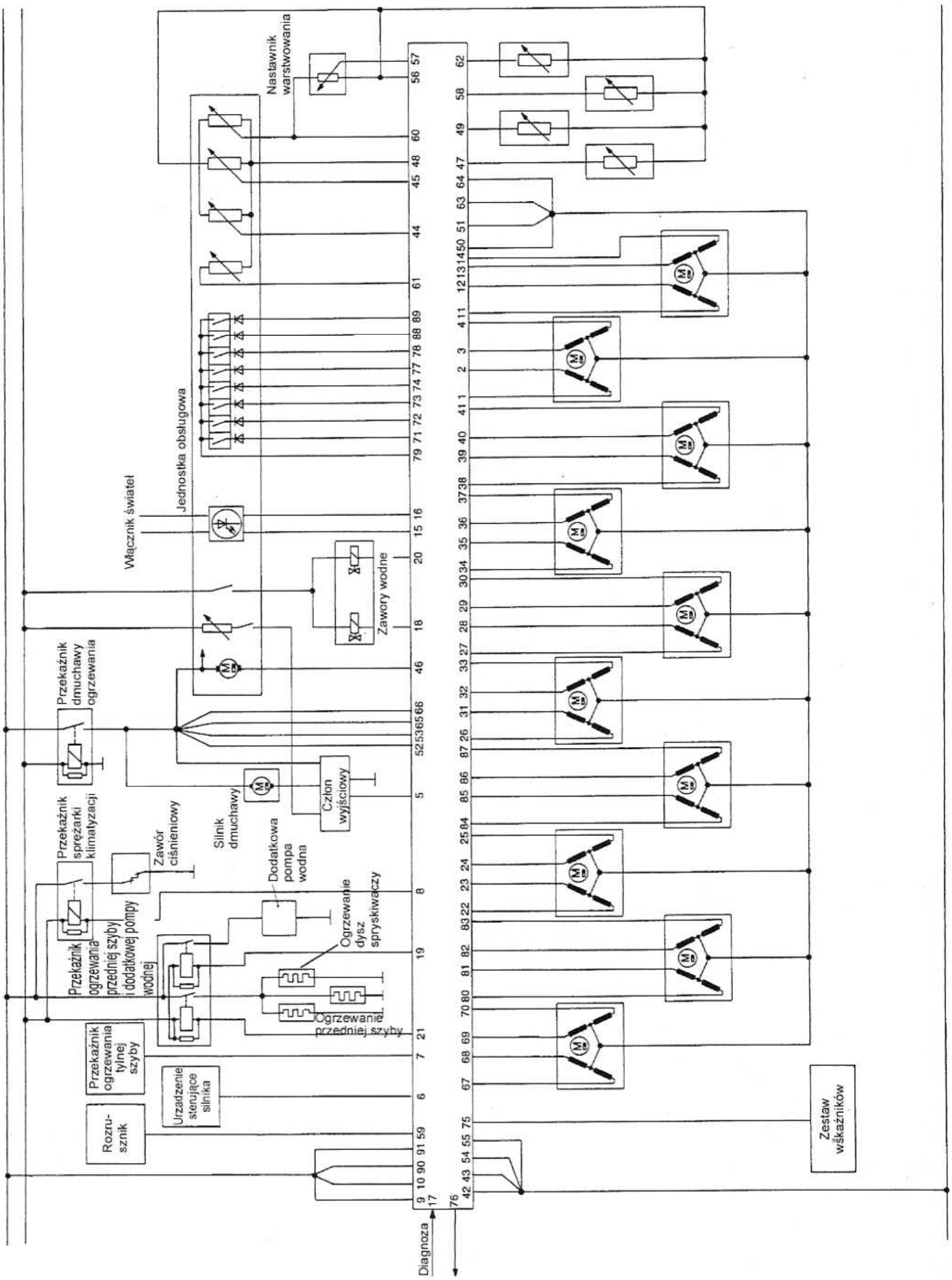


Rys. 18.8
Rozdzielanie strug powietrza
1 – przesłona świeżego powietrza, 2 – przesłona recyrkulacji powietrza we wnętrzu, 3 – przesłony nawiewu, kierowca i pasażer, 4 – dmuchawa, 5 – parownik, 6 – sprężarka klimatyzacji, 7 – zawór cieczowy (strona kierowcy), 8 – zawór cieczowy (strona pasażera), 9 – wymiennik ciepła (strona kierowcy), 10 – wymiennik ciepła (strona pasażera), 11 – chłodnica, 12 – przesłony kierunkowe nawiewu, 13 – przesłona nawiewu na nogi, 14 – przesłona odmrażania (nawiew na szyby), 15 – przesłona zasłaniająca otwory wlotowe, 16 – powietrze we wnętrzu samochodu

za pośrednictwem zegara (kiedy, na jak długo). Urządzenie sterujące uruchamia dmuchawę, są ustawiane odpowiednie przesłony itp. w celu osiągnięcia żądanej temperatury, zgodnie z ustawionym programem, podobnie jak podczas jazdy.

18.1.5. Schemat ideowy

Identyfikację styków urządzenia sterującego uwzględniającą rodzaj sygnału – sygnał wejściowy (E), sygnał wyjściowy (A), masa (M) oraz funkcję przedstawiono w opisie do rysunku 18.9.



Rys. 18.9
Schemat regulacji ogrzewania i klimatyzacji

Styk	Funkcja	Połączenie z/do
1 A	sygnał nawiew na nogi z tyłu	silnik nastawczy nawiewu na nogi z tyłu
2 A	sygnał nawiew na nogi z tyłu	silnik nastawczy nawiewu na nogi z tyłu
3 A	sygnał nawiew na nogi z tyłu	silnik nastawczy nawiewu na nogi z tyłu
4 A	sygnał nawiew na nogi z tyłu	silnik nastawczy nawiewu na nogi z tyłu
5 A	dmuchawa włączona	człon wyjściowy dmuchawy
6 A	sygnał włączona klimatyzacja	urządzenie sterujące silnika
7 A	sygnał włączone ogrzewanie tylnej szyby	przekaźnik ogrzewania tylnej szyby
8 A	sygnał włączona sprężarka klimatyzacji	przekaźnik sprężarki
9 E	zacisk 30	
10 E	zacisk 30	
11 A	sygnał powietrze obiegowe	silnik nast. przesłony powietrza obiegowego
12 A	sygnał powietrze obiegowe	silnik nast. przesłony powietrza obiegowego
13 A	sygnał powietrze obiegowe	silnik nast. przesłony powietrza obiegowego
14 A	sygnał powietrze obiegowe	silnik nast. przesłony powietrza obiegowego
15 A	sterowanie oświetlenia	jednostka obsługowa
16 A	sterowanie lampki ogrzewanie tylnej szyby	jednostka obsługowa
17 E/A	diagnoza	TxD
18 A	sterowanie lewego zaworu cieczowego	zawór cieczowy po lewej stronie
19 A	sterowanie dodatkowej pompy cieczy	przekaźnik dodatkowej pompy cieczy i ogrzewania przedniej szyby
20 A	sterowanie prawego zaworu cieczowego	zawór cieczowy po prawej stronie
21 A	ogrzewanie przedniej szyby	przekaźnik dodatkowej pompy cieczy i ogrzewania przedniej szyby
22 A	sygnał nawiew na nogi po lewej	silnik nastawczy przesłony nawiewu na nogi po lewej stronie
23 A	sygnał nawiew na nogi po lewej	silnik nastawczy przesłony nawiewu na nogi po lewej stronie
24 A	sygnał nawiew na nogi po lewej	silnik nastawczy przesłony nawiewu na nogi po lewej stronie
25 A	sygnał nawiew na nogi po lewej	silnik nastawczy przesłony nawiewu na nogi po lewej stronie
26 A	sygnał warstwowanie po lewej	silnik nastawczy przesłony warstwowania po lewej stronie
27 A	sterowanie świeżego powietrza	silnik nastawczy przesłony świeżego powietrza
28 A	sterowanie świeżego powietrza	silnik nastawczy przesłony świeżego powietrza
29 A	sterowanie świeżego powietrza	silnik nastawczy przesłony świeżego powietrza
30 A	sterowanie świeżego powietrza	silnik nastawczy przesłony świeżego powietrza
31 A	sygnał warstwowanie po lewej	silnik nastawczy warstwowania po lewej
32 A	sygnał warstwowanie po lewej	silnik nastawczy warstwowania po lewej
33 A	sygnał warstwowanie po lewej	silnik nastawczy warstwowania po lewej
34 A	sygnał odmrażanie	silnik nastawczy przesłony nawiewu na szyby
35 A	sygnał odmrażanie	silnik nastawczy przesłony nawiewu na szyby
36 A	sygnał odmrażanie	silnik nastawczy przesłony nawiewu na szyby
37 A	sygnał odmrażanie	silnik nastawczy przesłony nawiewu na szyby
38 A	sygnał wentylacja po lewej	silnik nastawczy przesłony wentylacji
39 A	sygnał wentylacja po lewej	silnik nastawczy przesłony wentylacji
40 A	sygnał wentylacja po lewej	silnik nastawczy przesłony wentylacji
41 A	sygnał wentylacja po lewej	silnik nastawczy przesłony wentylacji
42 A	masa	połączenie z masą

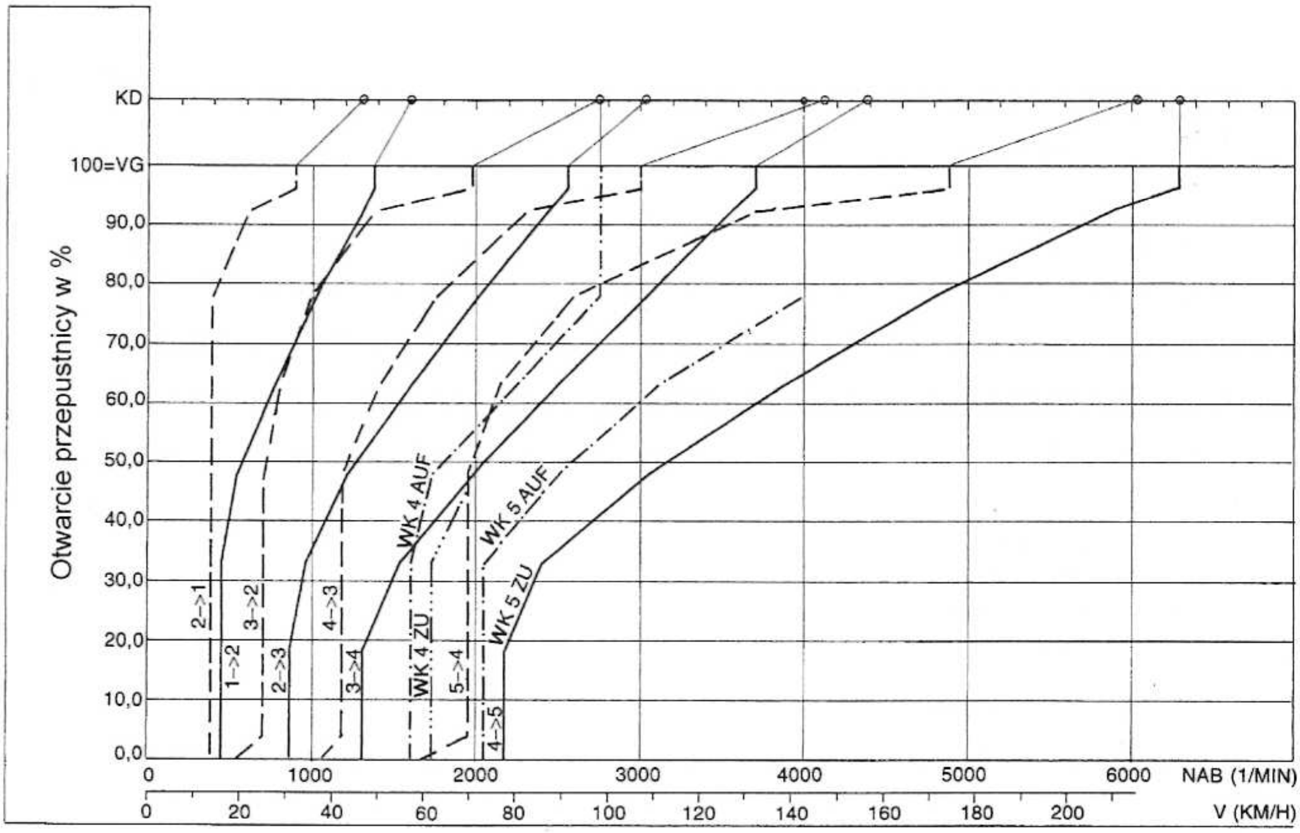
43 A	masa	połączenie z masą
44 A	żądana temperatura po lewej	jednostka obsługowa
45 A	żądane ustawienie dmuchawy	jednostka obsługowa
46 A	sterowanie nadmuchu czujnika temperatury wewnętrznej	silnik dmuchawy czujnika temperatury
47 E	temperatura zewnętrzna	czujnik temperatury zewnętrznej
48 A	żądana temperatura po prawej	jednostka obsługowa
49 E	temperatura parownika	czujnik temperatury parownika
50 A	zasilanie elektryczne silników nastawczych	wszystkie silniki nastawcze
51 A	zasilanie elektryczne silników nastawczych	wszystkie silniki nastawcze
52 E	zacisk 15	
53 E	zacisk 15	
54 M	masa	połączenie z masą
55 M	masa	połączenie z masą
56 M	masa dla wszystkich czujników	wszystkie czujniki temperatury
57 A	wartość żądana warstwowania	nastawnik warstwowania
58 E	temperatura wymiennika ciepła po prawej	czujnik w wymienniku
59 E	zacisk 50	rozrusznik
60 M	masa dla potencjometru	jedn. obsługowa nastawnika warstwowania
61 E	temperatura wewnętrzna	czujnik temperatury wewnętrznej
62 E	temperatura wymiennika ciepła po prawej	czujnik w wymienniku
63 A	zasilanie elektryczne silników nastawczych	wszystkie silniki nastawcze
64 A	zasilanie elektryczne silników nastawczych	wszystkie silniki nastawcze
65 E	zacisk 15	
66 E	zacisk 15	
67 A	nawiew na nogi po prawej stronie	silnik nastawczy nawiewu na nogi po prawej
68 A	nawiew na nogi po prawej stronie	silnik nastawczy nawiewu na nogi po prawej
69 A	nawiew na nogi po prawej stronie	silnik nastawczy nawiewu na nogi po prawej
70 A	nawiew na nogi po prawej stronie	silnik nastawczy nawiewu na nogi po prawej
71 A	sygnał powietrze obiegowe	jednostka obsługowa
72 A	sygnał ogrzewanie szyby tylnej	jednostka obsługowa
73 A	sygnał odmrażanie	jednostka obsługowa
74 A	sygnał program normalny, kierowca	jednostka obsługowa
75 E	sygnał prędkościomierza	tablica instrumentów
76 A	diagnoza	RxD
77 A	sygnał klimatyzacja	jednostka obsługowa
78 A	sygnał nawiew na nogi, kierowca	jednostka obsługowa
79 E	częstotliwość, przycisk programatora	jednostka obsługowa
80 A	sygnał wentylacja po prawej	silnik nastawczy przesłony wentylacji po prawej
81 A	sygnał wentylacja po prawej	silnik nastawczy przesłony wentylacji po prawej
82 A	sygnał wentylacja po prawej	silnik nastawczy przesłony wentylacji po prawej
83 A	sygnał wentylacja po prawej	silnik nastawczy przesłony wentylacji po prawej
84 A	sygnał warstwowanie po prawej	silnik nast. przesłony warstwowania po prawej
85 A	sygnał warstwowanie po prawej	silnik nast. przesłony warstwowania po prawej
86 A	sygnał warstwowanie po prawej	silnik nast. przesłony warstwowania po prawej
87 A	sygnał warstwowanie po prawej	silnik nast. przesłony warstwowania po prawej
88 A	sygnał program normalny, pasażer	jednostka obsługowa
89 A	sygnał nawiew na nogi, pasażer	jednostka obsługowa
90 E	zacisk 30	
91 E	zacisk 30	

18.2. Elektroniczne sterowanie skrzynki przekładniowej

18.2.1. Opis układu

Spełnienie rosnących oczekiwań w zakresie komfortu jazdy i zmiany biegów oraz dążenie do ekonomicznej eksploatacji nie było możliwe bez zastosowania elektroniki. Początkowo wyłącznie hydrauliczne sterowanie skrzynki przekładniowej rozwinęło się w latach osiemdziesiątych w kierunku sterowania elektrohydraulicznego. W układach sterowania hydraulicznego przyporządkowanie biegów i proces ich przełączania następowały za pomocą skomplikowanej sieci kanałów oleju i zaworów mechanicznych w mechanizmie zmiany biegów, zależnie od prędkości jazdy i ustawienia pedału przyspieszenia.

W elektrohydraulicznym sterowaniu skrzynki przekładniowej urządzenie sterujące ustala różne warunki jazdy i sterując wieloma zaworami elekromagnetycznymi uruchamia odpowiedni proces w znacznie prostszym mechanizmie zmiany biegów automatycznej skrzynki przekładniowej. Steruje ono także pracą sprzęgła. Podczas zmiany biegu, która odbywa się płynnie (bez szarpnięć) może być np. jednocześnie zmniejszony KWZ przez urządzenie sterujące silnika, co spowoduje zmniejszenie momentu napędowego silnika.



—— zmiana biegu na wyższy
– – – zmiana biegu na niższy
–···– sprzęgło przetwornika włączone (WK-ZU)
–·–· sprzęgło przetwornika rozłączone (WK-AUF)

Rys. 18.10
Charakterystyki zmiany biegów pięciobiegowej automatycznej skrzynki przekładniowej z przetwornikiem momentu obrotowego

Na lepszą jakość zmiany biegów ma także wpływ modulowanie ciśnienia, które jest zmieniane przez zawór ciśnieniowy, sterowany impulsowo z urządzenia sterującego. Punkty pola zmiany biegów są ustalone w urządzeniu sterującym zgodnie z różnymi charakterystykami (rys. 18.10) tak, aby na podstawie wielkości wejściowych odpowiednia zmiana biegu umożliwiła oszczędność paliwa oraz została przeprowadzona płynnie.

W wielu rozwiązaniach kierowca ma ponadto możliwość wyboru pomiędzy wieloma programami jazdy według różnych charakterystyk zmiany biegów. Punkty pola zmiany biegów zostały przy tym w poszczególnych programach tak wybrane, aby zużycie paliwa było najmniejsze, a osiągi największe. Wybrane ręcznie biegi są przez układ honorowane. Układy o szczególnie rozbudowanym oprogramowaniu potrafią dokonywać samodzielnego wyboru spośród wielu zaprogramowanych charakterystyk zmiany biegów w zależności od aktualnej sytuacji panującej na drodze,

Sygnały wejściowe	**Przetwarzanie**	**Sygnały wyjściowe**
Sygnał ustawienia dźwigni wyboru biegów (P, R, N, D ...) Wyłącznik kick-down (albo potencjometr pedału jazdy) Temperatura oleju w skrzynce Prędkość obrotowa na wejściu do skrzynki przekładniowej Prędkość obrotowa na wyjściu Prędkość obrotowa kół albo sygnał prędkości jazdy Włącznik świateł hamowania albo włącznik testu hamulców (tylko w Shift-Lock) Sygnały z układu sterowania silnika – położenie przepustnicy – obciążenie silnika (sygnał tl) – prędkość obrotowa (sygnał td) – temperatura silnika Sygnał z układu regulacji przeciwpoślizgowej (zakaz zmiany biegu) CAN	**URZĄDZENIE STERUJĄCE**	Zawory elektromagnetyczne zmiany biegów Zawór elektromagnetyczny sprzęgła przetwornika Zawór elektromagnetyczny modulacji ciśnienia Lampka kontrolna Wskaźnik pozycji dźwigni wyboru biegów na tablicy instrumentów Wskaźnik wyboru programu jazdy Wyłączenie sprężarki klimatyzacji Sygnał zmniejszenia momentu obrotowego Shift-Lock CAN
Akumulator (+), zacisk 30 Akumulator (+), zacisk 15 Masa, zacisk 31	↑ ↓ Diagnoza	

Rys. 18.11
Schemat funkcjonalny układu elektronicznego sterowania automatycznej skrzynki przekładniowej

rozpoznanego stylu jazdy kierowcy, warunków otoczenia albo dodatkowych ingerencji ręcznych.

Elektryczne sterowanie ułatwia producentom dopasowanie automatycznej skrzynki przekładniowej z jednego modelu samochodu do innego modelu. W tym celu trzeba jedynie przeprogramować urządzenie sterujące bez potrzeby kosztownych zmian konstrukcyjnych i ingerencji w mechanizm zmiany biegów. W przeglądzie układu na rysunku 18.11 wyspecyfikowano możliwe sygnały wejściowe i wyjściowe elektronicznego sterowania skrzynki przekładniowej.

18.2.2. Sygnały wejściowe i wyjściowe

Wielofunkcyjny przełącznik dźwigni zmiany biegów za pomocą wielu przewodów wysyła sygnały do urządzenia sterującego o wybranym położeniu dźwigni (rys. 18.12). Na podstawie zwartych zestyków i ich kombinacji albo zmostkowania zestyków urządzenie sterujące rozpoznaje wybrane położenie dźwigni zmiany biegów. Przy zwartych zestykach, czyli zamkniętych obwodach, sygnał elektryczny (+) z zacisku 15 trafia za pośrednictwem odpowiednich przewodów do urządzenia sterującego. Zgodnie z położeniem dźwigni urządzenie sterujące włącza odpowiedni bieg albo program zmiany biegów. Przełącznik wielofunkcyjny doprowadza sygnał masy do zestyku światła cofania i przekaźnika blokady rozrusznika. Bez sygnałów z przełącznika wielofunkcyjnego nie może nastąpić jakakolwiek zmiana biegu.

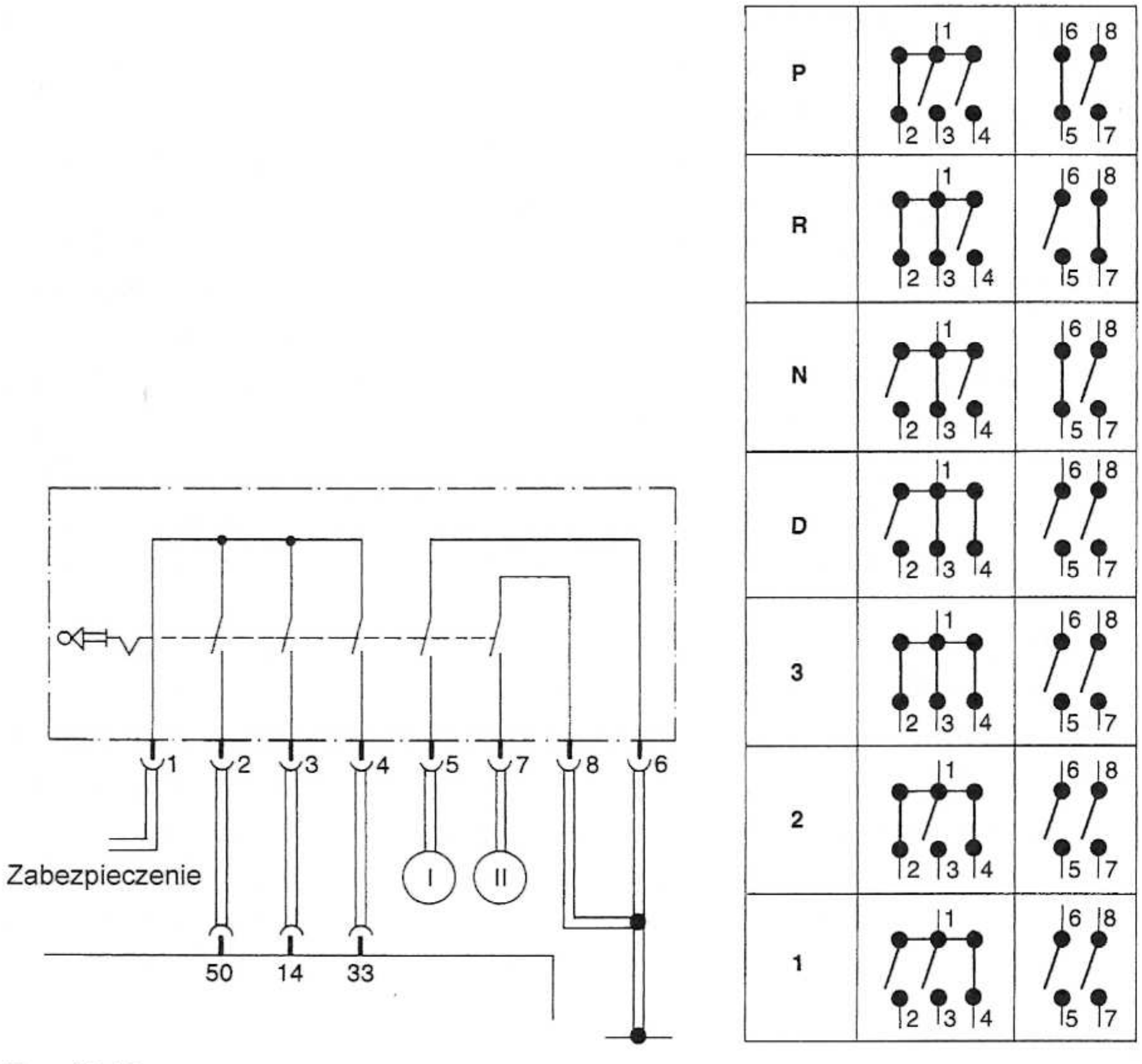
Przełącznik wielofunkcyjny może być sprawdzony podczas poruszania drążkiem zmiany biegów za pomocą pomiaru rezystancji albo napięcia w poszczególnych przewodach.

Przełącznik wybieranych przez kierowcę programów jazdy jest połączony z urządzeniem sterującym nawet dziesięcioma przewodami (zależnie od ilości programów). Zgodnie z wybranym programem w odpowiednim przewodzie pojawia się sygnał masy i na tej podstawie urządzenie sterujące wybiera stosowną charakterystykę przebiegu przełączania biegów. Bez sygnału masy od chwili rozpoczęcia jazdy urządzenie sterujące realizuje program „standard", który odpowiada optymalnemu zużyciu paliwa. Przełącznik programów sprawdza się mierząc rezystancję. Wybrany program jazdy i położenie dźwigni zmiany biegów są sygnalizowane kierowcy albo przez bezpośrednie oświetlenie wybranej pozycji albo w postaci sygnału w zestawie wskaźników.

Po użyciu włącznika kick-down umieszczonego przy pedale przyspieszenia urządzenie sterujące otrzymuje sygnał masy i albo opóźnia chwile włączania kolejnych wyższych biegów albo natychmiast redukuje bieg i włącza wyższy dopiero po osiągnięciu maksymalnej prędkości obrotowej silnika. W razie uszkodzenia włącznika kick-down nie może być zrealizowana zmiana biegów w trybie kick-down. W samochodach z elektronicznym sterowaniem mocy silnika albo wyposażonych w silniki wysokoprężne z elektronicznie sterowanym wtryskiem położenia kick-down jest rozpoznawane za pomocą zmieniającej się rezystancji potencjometru pedału przyspieszenia.

Temperatura oleju w skrzynce przekładniowej jest mierzona za pomocą czujnika NTC. Odpowiednio do zmienionej lepkości zimnego oleju zawory elektromagnetyczne zmiany biegów w górę lub w dół, sprzęgła przekładni i modulacji ciśnienia są sterowane według innej charakterystyki.

Informację o prędkości jazdy urządzenie sterujące otrzymuje z prędkościomierza zestawu wskaźników albo z czujników prędkości obrotowej kół układu ABS. Punkty zmiany biegów są obliczane również w zależności od prędkości jazdy. Od prędkości jazdy zależy także realizacja funkcji dodatkowych: zabezpieczenie przed zredukowaniem biegu, przed włączeniem biegu wstecznego oraz funkcja shift-lock.



Rys. 18.12
Wielofunkcyjny przełącznik dźwigni wyboru biegów czterobiegowej, automatycznej skrzynki przekładniowej. Oznaczenia pozycji dźwigni:
P – pozycja wyjściowa skrzynki (parking): mechanicznie blokowana, R – zakres jazdy do tyłu, N – położenie neutralne, brak przenoszenia momentu obrotowego, D – zakres jazdy do przodu, automatyczne włączanie wszystkich czterech biegów, 3 – zakres jazdy do przodu, trzy biegi włączane automatycznie, 4 bieg nie jest używany, 2 – zakres jazdy do przodu, 1 i 2 bieg włączane automatycznie, 3 i 4 bieg nie są używane, 1 – zakres jazdy do przodu, używany jest tylko 1 bieg,

Oznaczenia połączeń:
2 – pozycja dźwigni wyboru biegu, kodowanie, 3 – pozycja dźwigni wyboru biegu, kodowanie, 4 – pozycja dźwigni wyboru biegu, kodowanie, I + II – z przekaźnika blokady rozrusznika i światła wstecznego biegu J226

Tym pochodzącym z angielskiego terminem nazwano funkcję blokowania przez urządzenie sterujące możliwości wyboru położenia „jazda" przy prędkości poniżej 5 km/h bez jednoczesnego użycia hamulca. Takie zabezpieczenie udaremnia przypadkowe przełączenie w położenie „jazda" i jest przewidziane dla samochodów przeznaczonych na rynek amerykański.

Prędkości obrotowe na wejściu i wyjściu skrzynki przekładniowej są mierzone trzpieniowymi czujnikami indukcyjnymi i służą urządzeniu sterującemu do obliczenia chwili przełączenia biegu oraz zmiany modulowanego ciśnienia sterowania, jeżeli podczas zmiany biegu zostanie rozpoznany nadmierny poślizg sprzęgieł w skrzynce przekładniowej.

Sygnał włącznika świateł hamowania (plus) albo włącznika testowania hamulców (masa) jest używany w zasadzie tylko na potrzeby funkcji shift-lock.

Z układu sterowania silnika urządzenie sterujące automatycznej skrzynki przekładniowej otrzymuje następujące informacje o stanie pracy silnika, które wykorzystuje do obliczenia punktów pola zmiany biegów:

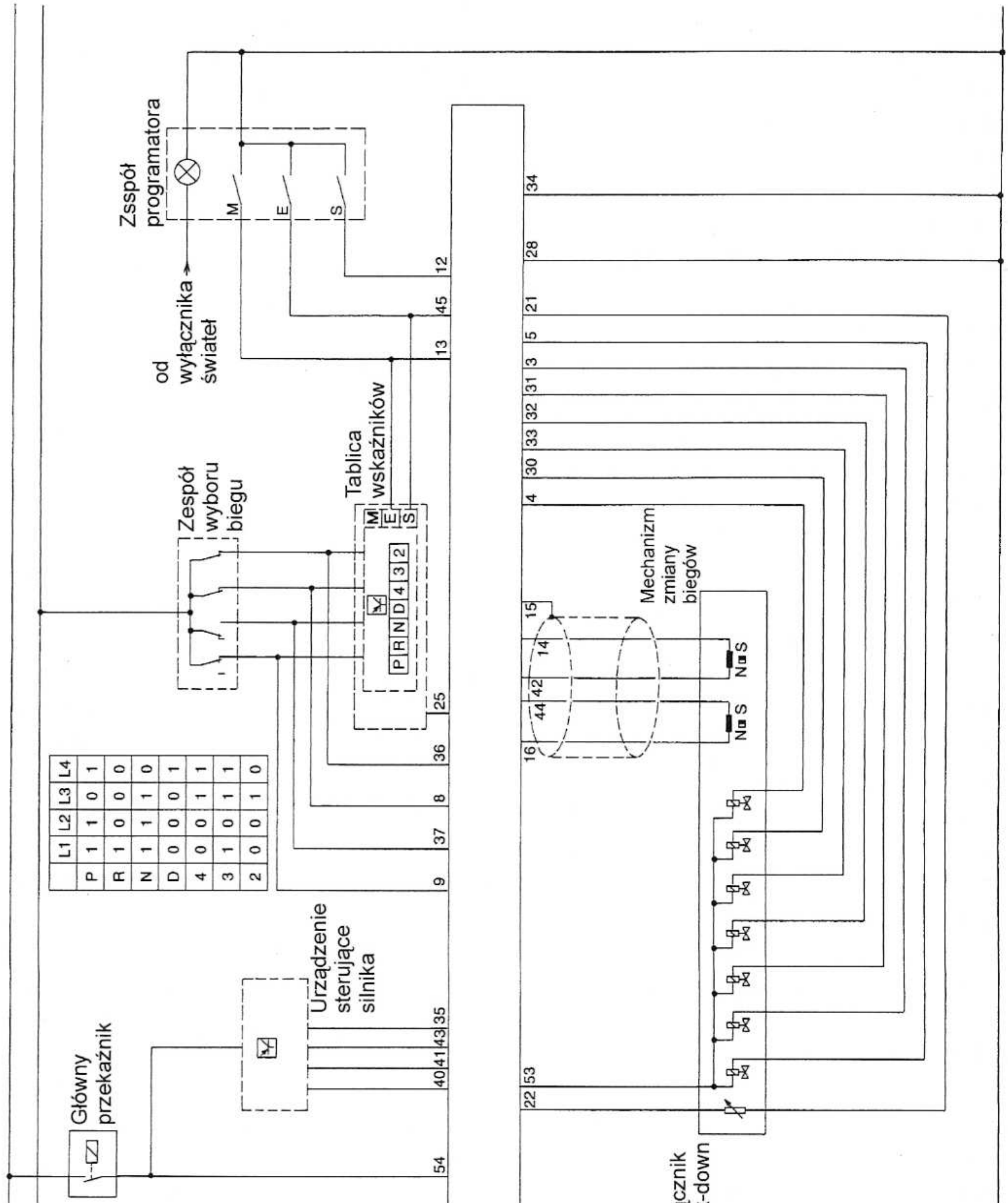
- położenie przepustnicy (lub pedału przyspieszenia),
- obciążenie silnika,
- prędkość obrotowa silnika,
- temperatura silnika.

Sygnał o położeniu przepustnicy (lub pedału przyspieszenia) jest przeważnie sygnałem o modulowanej długości impulsu, prostokątnej charakterystyce i może być sprawdzony za pomocą pomiaru współczynnika trwania impulsu. W przypadku braku sygnału położenia przepustnicy urządzenie sterujące posługuje się stałą wartością zastępczą i nie realizuje funkcji kick-down.

Dotyczy to również sygnału o obciążeniu silnika, który ma wpływ na modulację ciśnienia sterowania. Przy większym obciążeniu silnika ciśnienie sterowania zazwyczaj jest zwiększane i jest skracany czas włączania biegów.

Sygnał prędkości obrotowej jest jedną z najważniejszych informacji wejściowych, ponieważ punkty zmiany biegów są zawsze określane w zależności od prędkości obrotowej. Sygnał prędkości obrotowej ma prostokątną charakterystykę o zmiennej częstotliwości i może być sprawdzony za pomocą współczynnika trwania impulsu albo pomiaru częstotliwości. W przypadku braku sygnału prędkości obrotowej urządzenie sterujące przechodzi na awaryjny tryb pracy.

Dane o temperaturze silnika są przekazywane w postaci sygnału o zmiennym napięciu albo modulowanej długości impulsu. Informacja ta ma wpływ na obliczenie punktów zmiany biegów, szczególnie przy zimnym jeszcze silniku (wyższe punkty zmiany biegów w celu szybszego rozgrzania katalizatora). Przy braku sygnału temperatury jest stosowana wartość zastępcza. Sprawdzanie sygnału zależy od jego postaci i jest przeprowadzane albo za pomocą pomiaru napięcia albo współczynnika trwania impulsu. Informacje o temperaturze silnika i położeniu przepustnicy mogą być przekazywane tym samym przewodem. Jako pierwsza po uruchomieniu silnika jest przekazywana wartość temperatury. Na tej podstawie są ewentualnie zmieniane charakterystyki zmiany biegów. Następnie tym samym przewodem są przekazywane dane o położeniu przepustnicy.



	L1	L2	L3	L4
P	1	1	0	1
R	1	0	0	0
N	1	1	1	0
D	0	0	0	1
4	0	0	1	1
3	1	0	1	1
2	0	0	1	0

Rys. 18.13
Schemat sterowania automatycznej skrzynki przekładniowej. Sygnały wejściowe (E), wyjściowe (A) i połączenia z masą (M)

Styk	Funkcja	Połączenie z/do
3 A	zawór elektromagnetyczny 5	przełącznik zmiany biegów
4 A	zawór elektromagnetyczny sprzęgła	przełącznik zmiany biegów
5 A	regulator ciśnienia (+)	przełącznik zmiany biegów
8 E	zestyk pozycji	drążek wyboru biegu
9 E	zestyk pozycji	drążek wyboru biegu
12 E/A	program S	zestyk programatora
13 E/A	program M	zestyk programatora
14 E	czujnik prędkości obrotowej n-ab (−)	przełącznik zmiany biegów
15 A	ekranowanie czujnika prędkości obrotowej	czujnik prędkości obrotowej
16 E	czujnik prędkości obrotowej n-turbina (+)	przełącznik zmiany biegów
18 E	kick-down	włącznik kick-down
21 M	połączenie z masą czujnika temperatury	przełącznik zmiany biegów
22 E	czujnik temperatury NTC	przełącznik zmiany biegów
25 A	wskaźnik usterki	tablica instrumentów
26 E	zacisk 30	
28 M	masa dla elementów elektronicznych	połączenie z masą
30 A	zawór elektromagnetyczny 1	przełącznik zmiany biegów
31 A	zawór elektromagnetyczny 4	przełącznik zmiany biegów
32 A	zawór elektromagnetyczny 3	przełącznik zmiany biegów
33 A	zawór elektromagnetyczny 2	przełącznik zmiany biegów
34 M	masa zasilanie	połączenie z masą
35 E	położenie przepustnicy/temperatura silnika	urządzenie sterujące silnika
36 E	przełącznik zmiany biegów	drążek wyboru biegu
37 E	przełącznik zmiany biegów	drążek wyboru biegu
40 A	ingerencja w pracę silnika	urządzenie sterujące silnika
41 A	sygnał ti (obciążenia)	urządzenie sterujące silnika
42 E	czujnik prędkości obrotowej n-ab (+)	przełącznik zmiany biegów
43 E	prędkość obrotowa silnika n-mot (sygnał td)	urządzenie sterujące silnika
44 E	czujnik prędkości obrotowej n-turbina (−)	przełącznik zmiany biegów
45 E	program E	zestyk programatora, tablica instrumentów
53 A	zasilanie (+) zaworów elektromagnetycznych	przełącznik zmiany biegów
54 E	zasilanie napięciem	główny przekaźnik
87 E	przewód diagnostyczny RxD	wtyk diagnostyczny
88 A/E	przewód diagnostyczny TxD	wtyk diagnostyczny

Podczas regulacji układu przeciwpoślizgowego kół napędowych jest wysyłany sygnał napięciowy w celu zapobieżenia wahadłowemu przełączaniu biegów (w górę i w dół) co mogłoby występować na skutek szybko zmieniających się sygnałów wejściowych do urządzenia sterującego.

Sygnały z układu sterowania silnika i układu ASR mogą być także przekazywane magistralą transmisji danych CAN (porównaj rozdział 19).

Dotyczy to również sygnału do urządzenia sterującego silnika w celu zmniejszenia momentu obrotowego (na czas około 200 ms) podczas zmiany biegu. Bez zastosowania magistrali CAN byłby to sygnał napięcia. W silnikach o zapłonie iskrowym moment obrotowy jest redukowany za pomocą zmniejszenia kąta wyprzedze-

nia zapłonu, a w silnikach wysokoprężnych z elektronicznym układem wtryskowym za pomocą zmniejszenia dawki paliwa.

Przerwanie obwodu masy w przekaźniku wyłącza sprężarkę klimatyzacji po to, aby po włączeniu trybu kick-down pełna moc silnika została wykorzystana do przyspieszenia samochodu. Częściej jednak przekaźnik sprężarki klimatyzacji otrzymuje sygnał masy z urządzenia sterującego silnika, które przejmuje także zadanie wyłączania sprężarki.

Zawory elektromagnetyczne w automatycznej skrzynce przekładniowej dla przełącznika biegów, sprzęgła przekładni i sterowania modulacją ciśnienia są zasilane dodatnim napięciem bezpośrednio przez przekaźnik w urządzeniu sterującym. Podczas przełączania biegów zawory kierują ciśnienie hydrauliczne do odpowiednich kanałów oleju w hydraulicznym przełączniku biegów automatycznej skrzynki przekładniowej. Zawory są sterowane krótkimi sygnałami masy z urządzenia sterującego. Sprzęgło dociska się przy prędkości około 80–90 km/h, jeżeli przepustnica nie jest całkowicie otwarta i nie jest włączony kick-down. Zawór elektromagnetyczny modulacji ciśnienia steruje wartością ciśnienia, przy której są zmieniane biegi. Na przykład przy dużym momencie obrotowym ciśnienie jest podwyższane, dzięki czemu szybciej są dociskane sprzęgła w skrzynce przekładniowej. Sterowanie zaworami elektromagnetycznymi może być zmieniane adaptacyjnie, tzn. urządzenie sterujące uwzględnia zmiany wynikające ze zużycia się elementów i inne, które wpływają na odpowiednie dopasowanie ciśnienia, a tym samym zmianę czasów zamykania i otwierania zaworów podczas zmiany biegów. Jak już wspomniano urządzenie sterujące rozpoznaje wartość i czas poślizgu przez porównanie prędkości obrotowej turbiny na wejściu i wyjściu z prędkością obrotową napędu.

W przypadku uszkodzenia zaworu elektromagnetycznego urządzenie sterujące przełącza układ na tryb awaryjny.

W układach z samodiagnozowaniem wartości adaptacyjne i kody usterek są zapamiętywane tylko przy stałym zasilaniu napięciem na zacisku 30. Zasilanie napięciem przez zacisk 15 i połączenie z masą (zacisk 31), jak w każdym urządzeniu sterującym, muszą być w bardzo dobrym stanie.

Po rozpoznaniu usterki istotnej dla działania układu urządzenie sterujące może się wyłączyć częściowo albo całkowicie. Jest to sygnalizowane kierowcy lampką kontrolną (awaryjną). Skrzynka przekładniowa pracuje wówczas w trybie awaryjnym. W krańcowym przypadku może to oznaczać możliwość ręcznego włączenia tylko biegu wstecznego i jednego do przodu, którym jest bieg o przełożeniu bezpośrednim (trzeci albo czwarty). Sprzęgło przekładni nie może być już dociśnięte i nie jest możliwe włączenie kick-down. Może być także wybrany program awaryjny, podczas którego ciśnienie modulowane zostaje maksymalnie podwyższone, a pozostałe funkcje układu mogą być nadal realizowane.

Wejścia i wyjścia w urządzeniu sterującym pokazano na schemacie ideowym na rysunku 18.13 (patrz strony 398 i 399).

18.3. Elektroniczne sterowanie sprzęgła

Próby wykorzystania zalet automatycznej skrzynki przekładniowej (wygodna i prosta obsługa) w skrzynce mechanicznej doprowadziły w ostatnich latach do powstania wielu różnych jej rozwiązań. Wykorzystując możliwości elektroniki opracowano układ łączący mechaniczną skrzynkę przekładniową z elektronicznie sterowanym sprzęgłem. W układzie tym elektroniczno-hydrauliczne urządzenie sterujące przejmuje obsługę sprzęgła, czym zwyczajowo zajmował się kierowca. Nie jest więc już potrzebny pedał sprzęgła. Układ rozpoznaje zmianę biegu za pomocą dwóch mikrowyłączników umieszczonych na dźwigni zmiany biegów i automatycznie włącza albo wyłącza sprzęgło. Podczas zmiany biegów kierowca wykonuje wszystkie zwyczajowe czynności dźwignią zmiany biegów, nie musi jednak posługiwać się przy tym pedałem sprzęgła. Różnica polega na innym przebiegu niektórych funkcji:

- ❑ podczas rozruchu silnika należy ustawić dźwignię zmiany biegów w położeniu neutralnym; potem można wybrać dowolny bieg,
- ❑ przy pracującym silniku i włączonym biegu samochód bardzo wolno jedzie, jak przy automatycznej skrzynce przekładniowej,
- ❑ jazda rozpoczyna się po włączeniu biegu i wciśnięciu pedału przyspieszenia,
- ❑ podczas zmiany biegu należy zwolnić pedał przyspieszenia tak, jak przy konwencjonalnej skrzynce przekładniowej,
- ❑ sprzęgło rozłącza się automatycznie poniżej ustalonej prędkości granicznej,
- ❑ po wyłączeniu zapłonu sprzęgło jest złączone,
- ❑ usterki układu sygnalizuje lampka kontrolna.

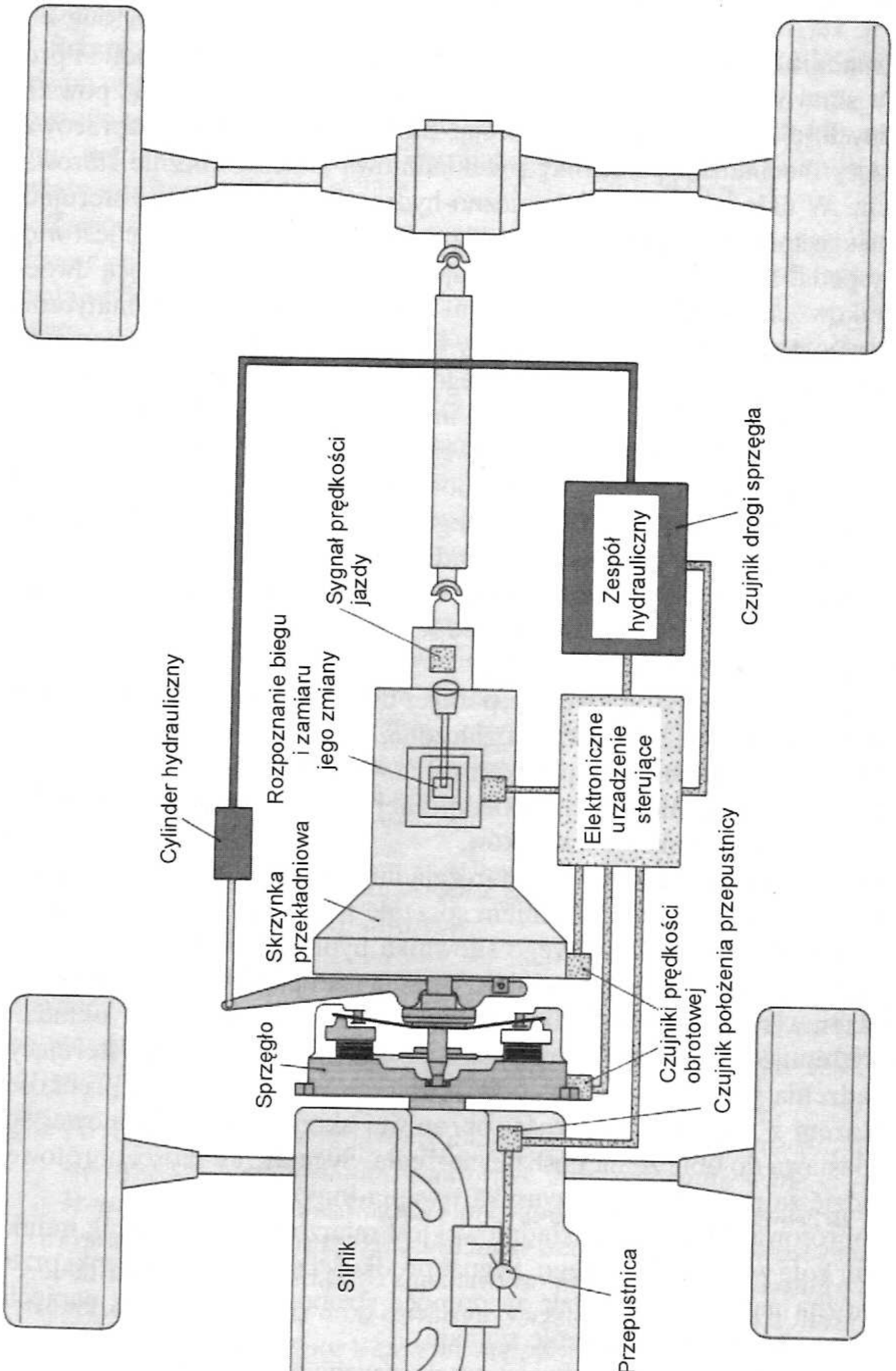
Na rysunku 18.14 pokazano układ elektronicznej regulacji sprzęgła, zapewniający realizację opisanych funkcji i warunków.

Liczne czujniki i sygnały wejściowe dostarczają informacje do urządzenia sterującego, które na wyjściu steruje położeniem sprzęgła według określonych charakterystyk, za pośrednictwem dodatkowego siłownika hydraulicznego.

Wśród sygnałów wejściowych najważniejszy jest sygnał prędkości obrotowej silnika z urządzenia sterującego silnika. W wybranym jako przykład układzie (rys. 18.14) występuje dwunastocylindrowy silnik z dwoma urządzeniami sterującymi. Oba urządzenia wysyłają, ze względów bezpieczeństwa, sygnał td prędkości obrotowej. Razem z sygnałem prędkości obrotowej skrzynki przekładniowej sygnały td są podstawą do obliczenia poślizgu sprzęgła. Sygnały prędkości obrotowej można sprawdzić za pomocą współczynnika trwania impulsu.

Prędkość obrotowa skrzynki przekładniowej jest mierzona przez czujnik indukcyjny na stałym kole wałka pośredniego. Sygnał prędkości obrotowej skrzynki przekładniowej można najlepiej sprawdzić za pomocą stroboskopu. Pomiar napięcia przemiennego wykaże jedynie istnienie sygnału.

Informacja o prędkości samochodu jest przekazywana także z urządzenia sterującego silnika w postaci sygnału o prostokątnej charakterystyce i modulowanej częstotliwości. Służy ona do obliczeń w układzie sterowania sprzęgła. Podczas postoju samochodu z pracującym silnikiem sprzęgło jest rozłączone.



Rys. 18.14
Budowa układu elektronicznej regulacji sprzęgła (ALPINA SHIFT-TRONIC, typ LuK GS)

Położenie sprzęgła i jego skok są nadzorowane przez potencjometr obrotowy w zespole hydraulicznym. Dane te są porównywane z obliczonymi wartościami i w razie potrzeby jest zmieniane położenie sprzęgła. Potencjometr można skontrolować mierząc jego rezystancję. Lepiej jednak zrobić to za pomocą miernika częstotliwości i lampy stroboskopowej.

Informacja o położeniu dźwigni zmiany biegów (włączony bieg) jest ustalana za pomocą potencjometru obrotowego i przetwarzana w urządzeniu sterującym na potrzeby sterowania sprzęgłem. Kiedy dźwignia znajdzie się w położeniu dowolnego biegu sprzęgło jest włączone. Zamiar zmiany biegu jest rozpoznawany przez dwa mikrowyłączniki na dźwigni zmiany biegów i na tej podstawie zostaje wyłączone sprzęgło.

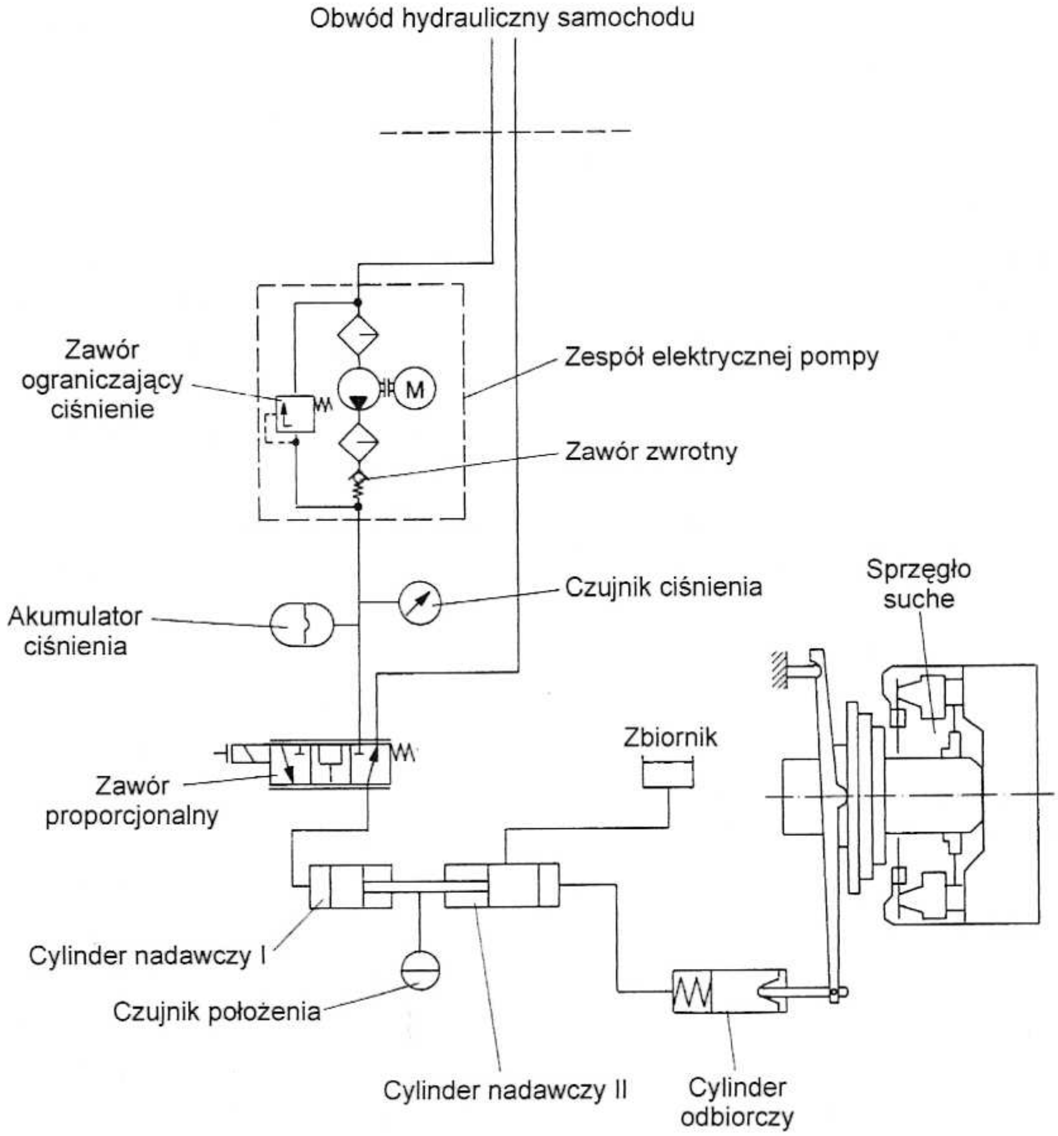
Położenie przepustnicy w opisywanym układzie jest ustalane na podstawie sygnału o modulowanej długości impulsu i częstotliwości 100 Hz z elektronicznego urządzenia sterującego silnika. Kąt uchylenia przepustnicy oraz wartość i szybkość zmian jej położenia, razem z innymi sygnałami i zgodnie z żądaniem kierowcy określają prędkość obrotową włączania i dopuszczalny przy tym poślizg sprzęgła. Kierowca może zatem decydować, czy chce jechać płynnie, czy na wysokich obrotach i z najlepszym przyspieszeniem. Istnienie sygnału z przepustnicy o modulowanej długości impulsu można sprawdzić mierząc częstotliwość, a jego zmiany – mierząc współczynnik trwania impulsu. Za pomocą oscyloskopu przebieg sygnału można także zobaczyć.

Sygnały z włącznika świateł hamowania i z zestyku biegu jałowego służą bezpieczeństwu układu – na ich podstawie jest wyłączane sprzęgło. W zależności od tych sygnałów elektroniczne urządzenie sterujące sprzęgła najpierw uruchamia proporcjonalny zawór elektromagnetyczny 3/3. Dzięki temu przy maksymalnym prądzie (ok. 2,5 A) ciśnienie z akumulatora ciśnienia jest kierowane do cylindra nadawczego I, który oddziałuje na cylinder nadawczy II (rys. 18.15). Od tego momentu wyłączanie sprzęgła przebiega tak samo, jak w konwencjonalnym układzie hydraulicznego wyłączania sprzęgła.

Bez zasilania prądem zaworu proporcjonalnego ciśnienie w cylindrze nadawczym I spada i sprzęgło się zamyka. Stosowany w układzie olej mineralny płynie z powrotem do zbiornika głównego. Po zasileniu połową maksymalnego prądu zostają połączone ze sobą przewód powrotny do zbiornika, przewód ciśnieniowy do akumulatora ciśnienia i przewód do cylindra nadawczego I. W ten sposób jest możliwa regulacja ciśnienia, czyli sterowane włączanie i wyłączanie sprzęgła przy zdefiniowanym poślizgu. Informacja zwrotna o ruchach tłoka w cylindrach nadawczych jest przekazywana przez czujnik położenia, opisany w sygnałach wejściowych.

Umieszczony w zespole hydraulicznym czujnik ciśnienia steruje napędzaną elektrycznie pompą, która utrzymuje ciśnienie w akumulatorze ciśnienia na poziomie 7,5 do 9,0 MPa.

W razie pojawienia się w układzie usterek urządzenie sterujące wybiera tryb sterowania awaryjnego, który umożliwia działanie układu w ograniczonym zakresie. Zaczyna się świecić lampka kontrolna. Układ ma możliwość samodiagnozowania.



Rys. 18.15
Schemat obwodu hydraulicznego (ALPINA SHIFT-TRONIC, typ LuK GS)

18.4. Regulacja prędkości jazdy

18.4.1. Opis działania układu

Za pomocą układu regulacji prędkości jazdy (tempomatu) jest automatycznie utrzymywana zadana przez kierowcę prędkość jazdy bez konieczności ciągłego jej korygowania. Jest to znaczne odciążenie kierowcy podczas podróży na dalekich trasach. Równomierna jazda może przynieść także dodatkowe korzyści w postaci oszczędności w zużyciu paliwa. Kierowca ustawia wybraną prędkość przeważnie za pomocą dźwigni przy kole kierownicy, rzadziej za pomocą włącznika na tablicy wskaźników. Urządzenie sterujące nieustannie porównuje ustawioną prędkość jazdy (wartość zadana) z prędkością aktualną (wartość rzeczywista) i przy najmniejszej różnicy koryguje prędkość rzeczywistą za pomocą odpowiednich elementów nastawczych.

Możliwe sygnały wejściowe i wyjściowe układu regulacji prędkości jazdy przedstawiono na rysunku 18.16. Regulacja prędkości jazdy może być włączona powyżej

prędkości ok. 40 km/h. Okoliczności prowadzące do samoczynnego wyłączenia się układu albo skasowania ustawienia regulacji prędkości jazdy są wymienione przy opisach sygnałów wejściowych i wyjściowych.

Regulacja prędkości jazdy jest przeważnie autonomicznym układem. Może jednak być połączona z innym urządzeniem sterującym albo z innym układem,

Sygnały wejściowe	Przetwarzanie	Sygnały wyjściowe
Sygnały ustawienia dźwigni sterującej: ustalić, przyspieszyć, zwolnić, włączona, wyłączona Potencjometr silnika nastawczego Włączniki świateł hamowania i testu hamulców Włącznik pedału sprzęgła (w samochodach z mechaniczną skrzynką przekładniową) Sygnały wyboru pozycji P-N-R (w samochodach z automatyczną skrzynką przekładniową) Sygnał prędkości jazdy Akumulator (+), zacisk 30 Akumulator (+), zacisk 15 Masa, zacisk 31	URZĄDZENIE STERUJĄCE ↑ ↓ Diagnoza	Nastawnik przepustnicy Sprzęgło bezpieczeństwa nastawnika przepustnicy Sterowanie przekaźnika pompy paliwa Sygnał napięciowy dla urządzenia sterującego silnika albo skrzynki przekładniowej Lampka sygnalizująca usterkę układu

Rys. 18.16
Schemat funkcjonalny układu regulacji prędkości jazdy

np. z elektronicznym układem wtrysku w silnikach wysokoprężnych (porównaj punkt 13.6). Zasadniczy sposób działania oraz niezbędne sygnały wejściowe i wyjściowe są takie same w samodzielnym układzie regulacji prędkości jazdy, jak też w układzie regulacji wchodzącym w skład innego układu.

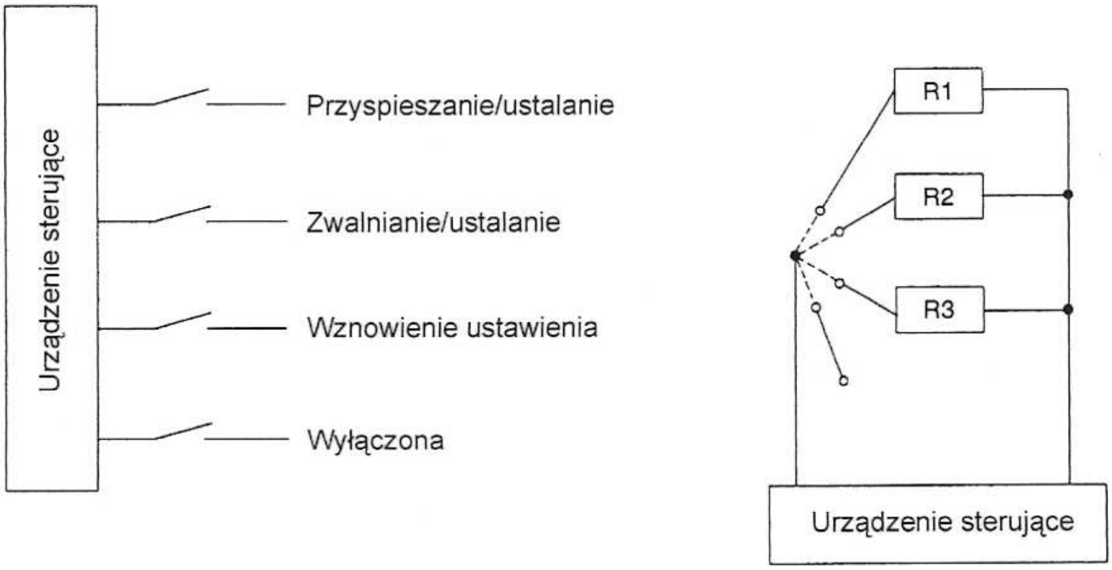
18.4.2. Elementy składowe, sygnały wejściowe i wyjściowe

Prędkość jazdy jest zazwyczaj wybierana i ustalana za pomocą przełącznika, połączonego z dźwignią sterującą, umieszczoną na kolumnie kierownicy. Możliwe są następujące ustawienia:

- ❑ przyspieszanie albo zwalnianie, a następnie przejmowanie i ustalanie prędkości zadanej,
- ❑ odwołanie wybranej już i zapamiętanej prędkości,
- ❑ wyłączenie regulacji prędkości, przy czym ostatnio wybrana wartość jest zachowana w pamięci regulatora i może być ponownie przywołana.

W niektórych układach przyspieszanie i zwalnianie za pomocą dźwigni sterującej nie jest możliwe.

Istnieją dwie możliwości przekazania informacji z dźwigni sterującej do urządzenia sterującego: za pośrednictwem wielu wyłączników i wejść sygnałowych w urządzeniu sterującym albo za pomocą zespołu różnych rezystorów, które są odpowiednio rozpoznawane przez urządzenie sterujące (rys. 18.17).



Rys. 18.17
Położenie dźwigni sterującej na kolumnie kierownicy

Podczas sprawdzania działania dźwigni sterującej w obu przypadkach jest pomocny pomiar rezystancji w poszczególnych położeniach dźwigni.

Obok sygnałów z dźwigni sterującej bardzo ważnym sygnałem jest informacja o prędkości jazdy. Może ona być przekazana do urządzenia sterującego układu z prędkościomierza zestawu wskaźników lub z urządzenia sterującego ABS w formie sygnału napięcia przemiennego o sinusoidalnej charakterystyce albo o charakterystyce prostokątnej o zmiennej częstotliwości. Jak już wspomniano, ustalanie wybranej prędkości jest możliwe dopiero powyżej prędkości ok. 40 km/h. Wartość ta różni się nieco u poszczególnych producentów. Niekiedy występuje także górna granica regulacji prędkości jazdy, wynosząca przeważnie około 200 km/h.

Przekroczenie albo niedotrzymanie zadanej prędkości o ok. 15 do 20 km/h, co może się zdarzyć na drodze o znacznych wzniesieniach, powoduje wyłączenie regulacji prędkości jazdy. Wybrana wartość prędkości pozostaje w pamięci i może być w razie potrzeby ponownie przywołana. Zanik sygnału prędkości, nawet na krótką chwilę, zawsze prowadzi do automatycznego wyłączenia regulacji prędkości jazdy.

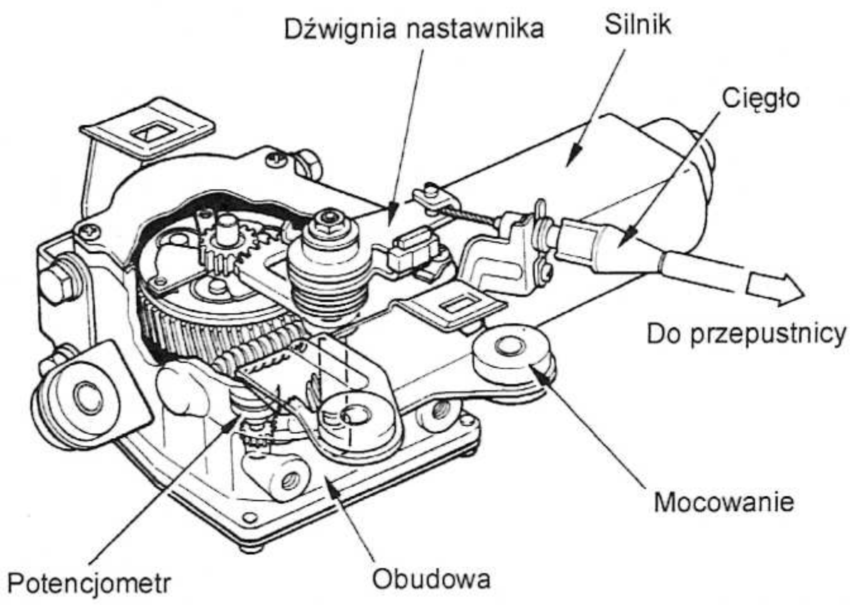
Tempomat wyłącza się także po otrzymaniu sygnału z włączników świateł hamowania (+) albo testu hamulców (−); rozwiązanie zależne od producenta układu. Służy to bezpieczeństwu jazdy, aby samochód nie przyspieszał automatycznie natychmiast po zwolnieniu pedału hamulca. Jest to ponadto funkcja bezpieczeństwa na wypadek usterki w układzie regulacji prędkości.

Użycie pedału sprzęgła w samochodach z mechaniczną skrzynką przekładniową także odłącza układ regulacji prędkości jazdy. Unika się w ten sposób nadmiernego wzrostu prędkości obrotowej silnika.

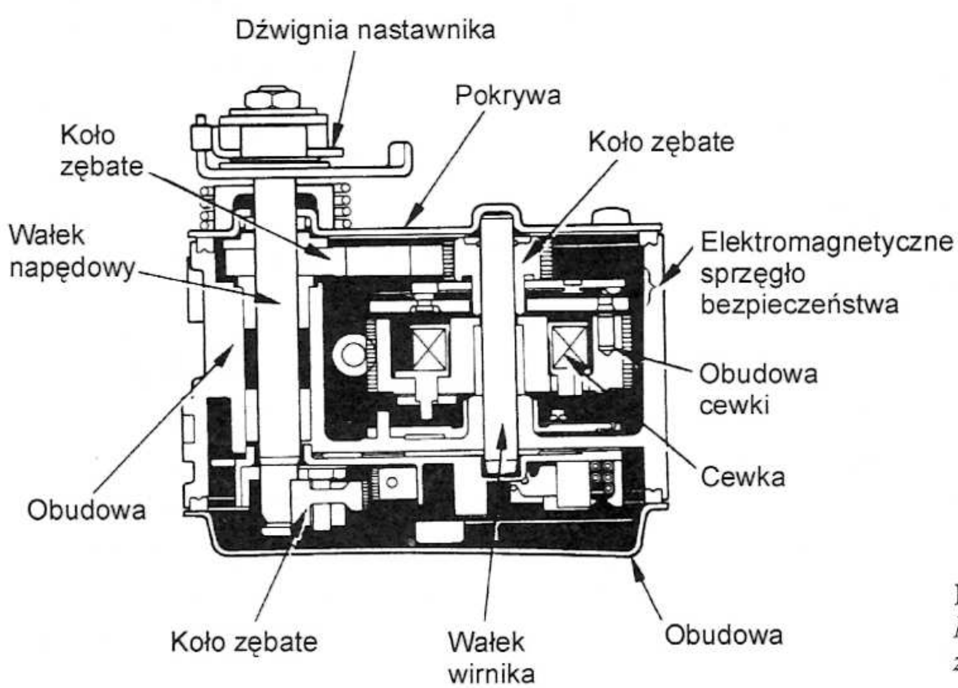
Zadana prędkość jazdy w obu przypadkach (użycie pedału sprzęgła albo hamulca) jest zapamiętana i może być ponownie przywołana. Działanie wyłączników uruchamianych pedałami sprzęgła i hamulca można sprawdzić za pomocą pomiaru rezystancji.

W samochodach z automatyczną skrzynką przekładniową, w konstrukcjach niektórych producentów, są uwzględniane także sygnały dźwigni wyboru biegów. Po ustawieniu tej dźwigni w położeniach „P", „N" albo „R" układ regulacji prędkości jest wyłączany.

Nastawnik



Przekrój



Rys. 18.18
Nastawnik przepustnicy z silnikiem prądu stałego

Elektroniczne urządzenie sterujące, jak każde inne, musi być zasilane prądem z akumulatora (+) i mieć połączenie z masą (–). W układach wyposażonych w samodiagnozowanie i pamięć diagnostyczną jest konieczne stałe zasilanie z zacisku 30. Przerwa w zasilaniu zawsze powoduje całkowite wyłączenie układu regulacji prędkości. Aby tempomat mógł wyrównać prędkość rzeczywistą do prędkości zadanej i utrzymać ją podczas jazdy, musi mieć dostęp do układu zasilania silnika. Często jest to zmiana kąta otwarcia przepustnicy za pomocą nastawników przepustnicy, a tym samym dodawanie albo ujmowanie „gazu". Nastawnik jest połączony z przepustnicą przeważnie cięgłem Bowdena albo układem dźwigni. Niekiedy nastawnik położenia przepustnicy jest związany bezpośrednio z pedałem przyspieszenia. Na rysunku 18.18 pokazano budowę elektrycznego silnika nastawczego z elektromagnetycznym sprzęgłem bezpieczeństwa i potencjometrem. Silnik jest zasilany prądem (taktowany) bezpośrednio z urządzenia sterującego. Kierunek obrotu silnika zależy od kierunku przepływu prądu nadawanego przez urządzenie sterujące. Za pomocą potencjometru urządzenie sterujące otrzymuje informację zwrotną o ustawieniu silnika nastawczego. W silniku jest umieszczone elektromagnetyczne sprzęgło bezpieczeństwa, zasilane prądem z urządzenia sterującego tylko przy aktywnym układzie regulacji prędkości. W przypadku jakiejkolwiek usterki tempomatu albo po wyłączeniu układu regulacji prędkości sprzęgło natychmiast przerywa połączenie przepustnicy z silnikiem nastawczym. Dzieje się to szybciej, aniżeli przyjęcie przez silnik nastawczy odpowiedniego ustawienia.

Ze względów bezpieczeństwa niesprawny silnik nastawczy musi być wymieniony w całości.

W nielicznych konstrukcjach zmiana położenia przepustnicy może być także dokonana za pomocą nastawników pneumatycznych. Są one uruchamiane z pneumatycznego urządzenia sterującego z pompą podciśnienia i zaworem upustowym, który także uruchamia urządzenie sterujące.

W samochodach wyposażonych w układ elektronicznego sterowania mocy silnika (EMS, EML, nazywany „elektronicznym pedałem gazu") zmiana kąta uchylenia przepustnicy w ramach regulacji prędkości jazdy następuje za pomocą osobnego silnika nastawczego (jednego lub większej ich liczby). W samochodach z silnikami wysokoprężnymi i elektronicznym układem wtryskowym dawka wtryskiwanego paliwa jest regulowana przez urządzenie sterujące.

W urządzenia sterujące obu wspomnianych wyżej układów są także wbudowane funkcje regulacji prędkości jazdy.

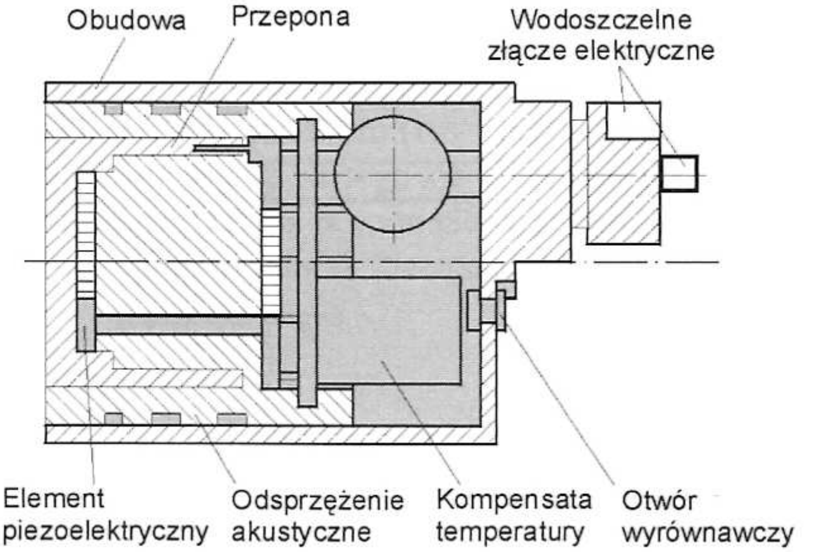
W wielu rozwiązaniach regulacji prędkości jazdy, ze względów bezpieczeństwa, może być także przerwane zasilanie przekaźnika elektrycznej pompy paliwa (np. na mechanicznym zacisku cięgła silnika nastawczego). Aby jednak nie doprowadzić do unieruchomienia silnika, zasilanie przekaźnika pompy paliwa jest przywracane przez tzw. wyłącznik prędkości zerowej na pedale przyspieszenia, uruchamiany wciśnięciem pedału. Działanie wyłącznika prędkości zerowej można sprawdzić za pomocą pomiaru rezystancji podczas poruszania pedałem przyspieszenia.

W niektórych rozwiązaniach sygnały z układu regulacji prędkości jazdy, trafiające do urządzenia sterującego silnika albo skrzynki przekładniowej podczas regulacji prędkości, mogą powodować wybór innej charakterystyki regulacji, np. późniejsze włączanie wyższych biegów. Włączenie regulacji prędkości albo usterka w układzie jest sygnalizowana zapaleniem się lampki kontrolnej lub ostrzegawczej.

18.5. Elektroniczny pomiar odległości (asystent parkowania)

Element zabezpieczenia samochodu przed uszkodzeniami, a nawet wypadkami, stanowi układ mierzący zdalnie odległość od przeszkody albo innego pojazdu i odpowiednio przetwarzający te informacje. Zwykle nazywa się go asystentem parkowania.

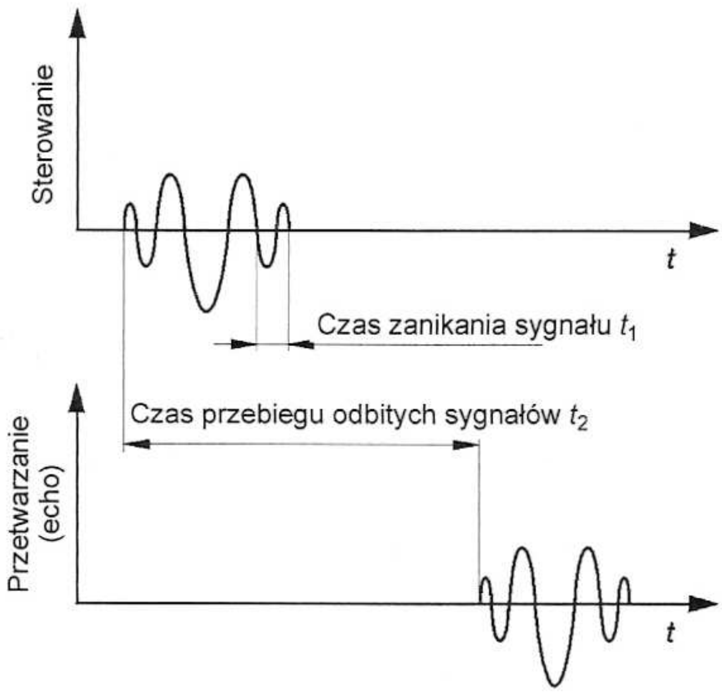
W skład układu ułatwiającego parkowanie wchodzą tzw. przetworniki (czujniki) ultradźwiękowe, umieszczone na zderzakach (przeważnie tylko na tylnym), które mierzą odstęp od przeszkody na zasadzie echosondy. Na rysunku 18.19 przedstawiono schematycznie przekrój czujnika ultradźwiękowego.



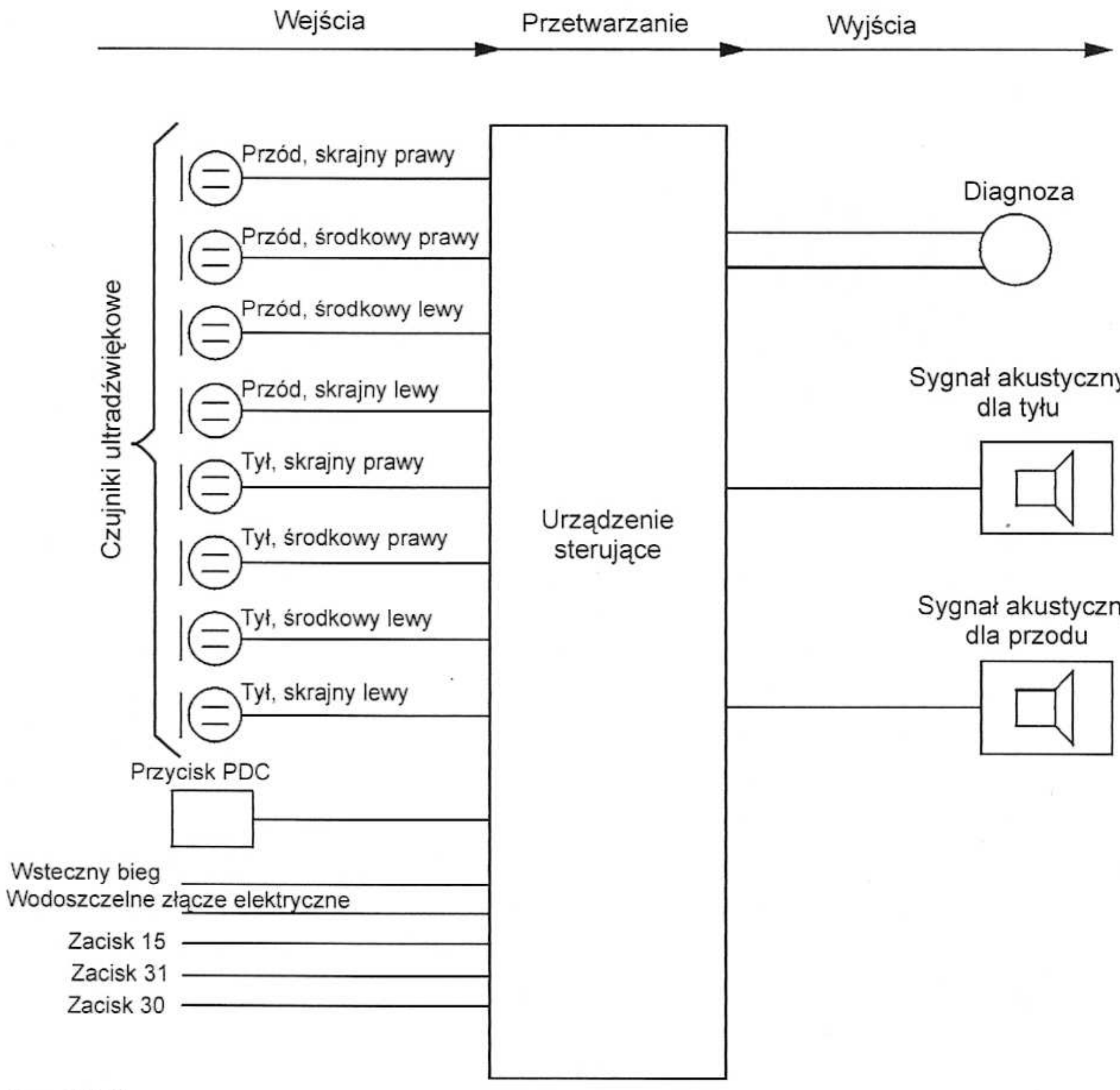
Rys. 18.19
Wewnętrzna budowa czujnika ultradźwiękowego

Płytka piezoelektryczna (element piezoelektryczny przetwarza energię elektryczną w mechaniczną i odwrotnie) jest wprawiona w drgania krótką sekwencją impulsów o częstotliwości rezonansowej. Drgania są przetwarzane za pośrednictwem przepony w nadawcze sygnały ultradźwiękowe. Po wygaśnięciu drgań czujnik ultradźwiękowy odbiera fale dźwiękowe odbite od przeszkody. Fale te, także za pośrednictwem przepony, pobudzają płytkę piezoelektryczną do drgań, które powodują powstanie impulsu elektrycznego. Urządzenie sterujące analizuje te impulsy i na ich podstawie oblicza czas przebiegu sygnału oraz wynikającą z niego odległość od przeszkody. Na rysunku 18.20 przedstawiono zasadę wysyłania i przetwarzania sygnałów.

Czas gaśnięcia drgań i impulsy gaśnięcia są wykorzystywane dodatkowo przez urządzenie sterujące do sprawdzania działania czujnika ultradźwiękowego. Więk-



Rys. 18.20
Zasada wysyłania i przetwarzania sygnałów układu parkowania



Rys. 18.21
Sygnały wejściowe i wyjściowe układu parkowania PDC

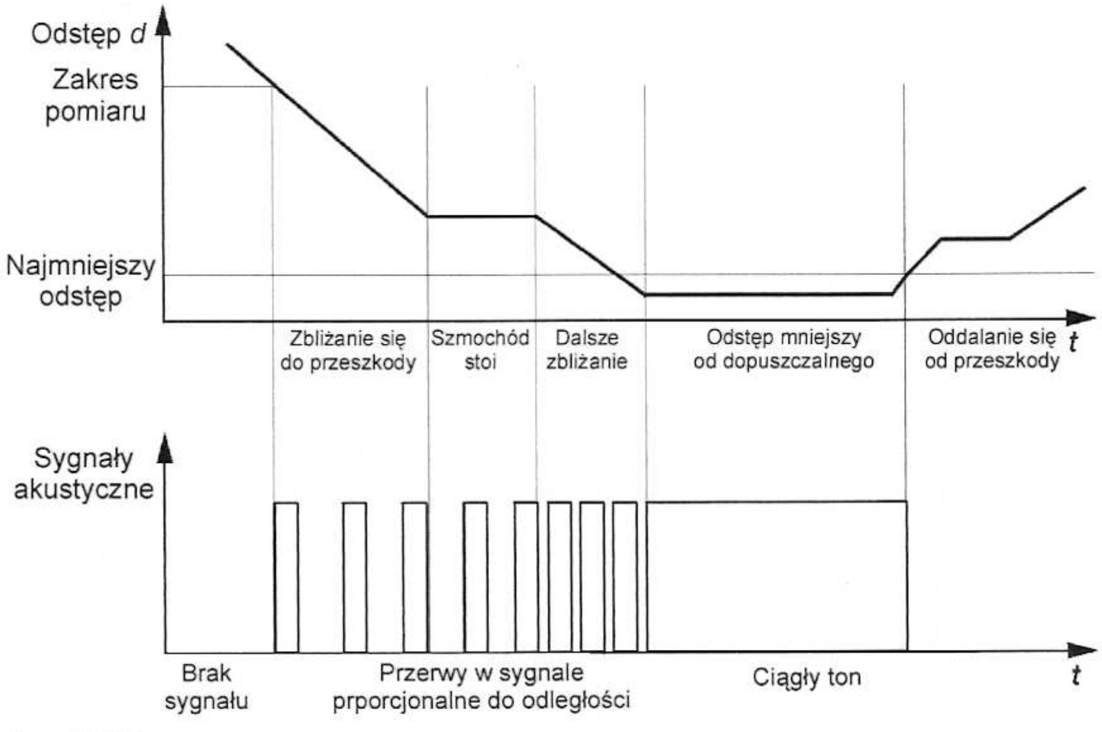
szość układów ułatwiających parkowanie jest uaktywniana przez włączenie biegu wstecznego. Ostrzeżenie o zbyt małym odstępie stanowi sygnał akustyczny. Poniżej opisano i pokazano na rysunku 18.21 układ nazwany przez producenta Park-Distanz--Control (PDC).

Układ PDC ma osiem czujników ultradźwiękowych; cztery w przednim i cztery w tylnym zderzaku. Układ jest uaktywniany po włączeniu biegu wstecznego (RW). Można go także włączyć przyciskiem PDC, jeżeli zbliżamy się do przeszkody z przodu samochodu. Do ostrzegania o zbyt małym odstępie służą dwa sygnały dźwiękowe o różnym tonie. Źródło sygnału dźwiękowego odnoszące się do tyłu samochodu jest umieszczone za tylnymi zagłówkami, a obsługujące przestrzeń przed samochodem – w zestawie wskaźników. Dzięki takiemu rozmieszczeniu nie ma wątpliwości którego obszaru dotyczy sygnał. Zmniejszanie się odstępu od przeszkody jest sygnalizowane coraz mniejszymi przerwami pomiędzy kolejnymi dźwiękami akustycznego sygnału alarmowego. Na rysunku 18.22 przedstawiono zależności pomiędzy odstępem od przeszkody, przemieszczaniem się samochodu i alarmowymi sygnałami akustycznymi.

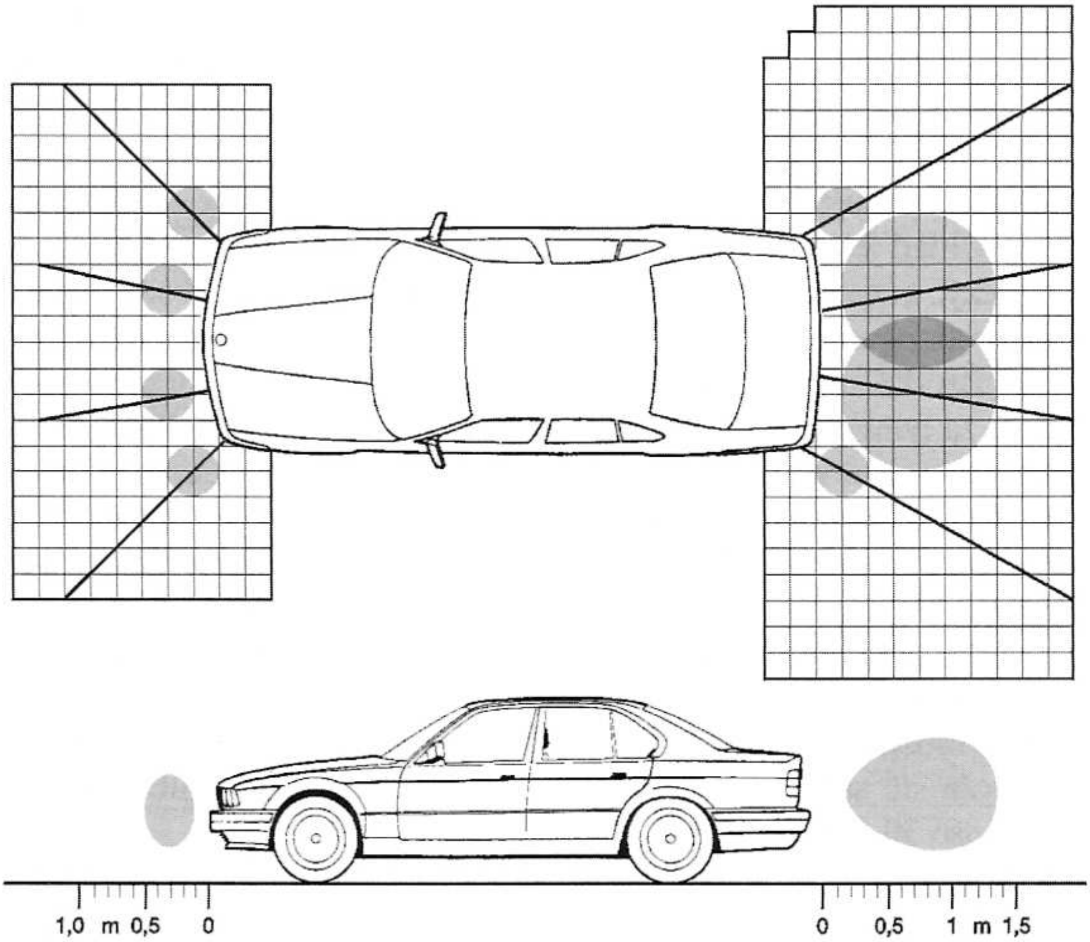
Przyciskiem PDC można wyłączyć sygnały akustyczne, jeżeli przeszkadzają jadącym. Układ wyłącza się sam, kiedy rośnie odstęp od przeszkody albo zostaje przekroczona prędkość 30 km/h.

Obszar mierzony, czyli objęty nadzorem układu PDC, wynosi od 60 do 20 cm z wyjątkiem dwóch środkowych czujników w tylnym zderzaku, które reagują w zakresie od 150 do 20 cm (rys. 18.23). Kiedy odległość od przeszkody jest mniejsza niż 20 cm, wtedy rozlega się sygnał ciągły.

Układ PDC ma pomóc kierowcy w prawidłowej ocenie odstępu od przeszkody. Nie zwalnia to jednak kierującego pojazdem od zachowania ostrożności i kontro-



Rys. 18.22
Zależności pomiędzy odstępem od przeszkody, ruchem pojazdu i sygnałami akustycznymi



Rys. 18.23
Zakresy pomiarowe układu parkowania PDC

lowania sytuacji wzrokiem. Poprawne działanie układu jest na bieżąco nadzorowane przez urządzenie sterujące PDC, a usterki są zapisywane w pamięci, która może być odczytana za pomocą testera diagnostycznego. W razie wystąpienia usterki układ samoczynnie się wyłącza. Próba aktywowania uszkodzonego układu po włączeniu biegu wstecznego albo naciśnięciu przycisku PDC jest sygnalizowana kierowcy sygnałem akustycznym (gong albo ciągły ton) i migającym przyciskiem PDC.

18.6. Centralne blokowanie drzwi

Zamykanie i sprawdzanie każdych drzwi z osobna, pokrywy bagażnika i wlewu paliwa jest dla wielu kierowców uciążliwością i niepotrzebną stratą czasu. Z tego powodu już wiele lat temu opracowano układ centralnego blokowania drzwi (centralny zamek). Umożliwia on zaryglowanie albo otwarcie wszystkich zamków z jednego miejsca. Centralny zamek jest montowany obecnie seryjnie nie tylko w pojazdach wyższej klasy, lecz także w większości samochodów średniej klasy. Jako wyposażenie dodatkowe oferują go wszyscy producenci.

Nastawniki centralnego blokowania i otwierania drzwi, pokrywy bagażnika i wlewu paliwa są u jednych producentów układami pneumatycznymi, u innych elektrycznymi. Silniki nastawcze zawsze są obsługiwane przez urządzenie sterujące,

które otrzymuje sygnały wejściowe z jednego lub kilku mikrowyłączników. Dodatkowe funkcje układu, jak np. zabezpieczenie elementów nastawczych przed niepowołanym otwarciem, są zawsze realizowane elektrycznie.

Poniżej opisano dwa spośród najczęściej stosowanych rozwiązań centralnego blokowania drzwi.

18.6.1. Centralne blokowanie drzwi z nastawnikami pneumatycznymi

Na rysunku 18.24 pokazano schemat układu centralnego blokowania drzwi uruchamianego pneumatycznie. W trakcie otwierania albo blokowania kluczem jednych z przednich drzwi urządzenie sterujące otrzymuje sygnał. Mikrowyłącznik wewnątrz zamka drzwi po włożeniu kluczyka łączy zacisk 30 odpowiednio z przewodem sterującym zamykania albo otwierania. Za pomocą impulsu skierowanego do właściwego przewodu sterującego jest uruchamiana pompa podwójnego działania w urządzeniu sterującym (rys. 18.25). W zależności od tego, czy jest to otwieranie, czy zamykanie pompa wytwarza albo podciśnienie albo nadciśnienie, oddziałujące na elementy nastawników.

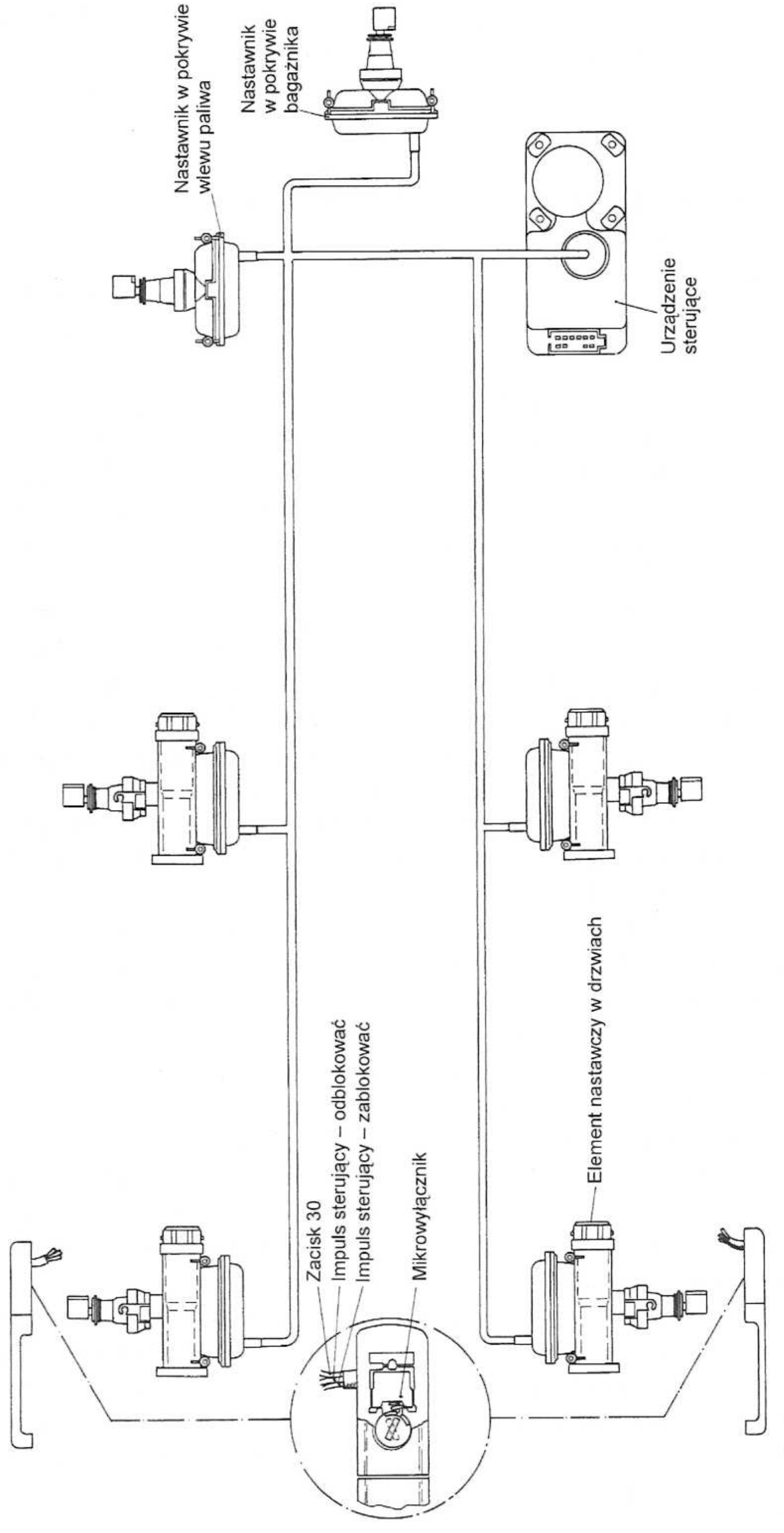
Na rysunku 18.26 przedstawiono pneumatyczny nastawnik. Wytworzone przez pompę podwójnego działania podciśnienie albo nadciśnienie oddziałuje na przeponę, co powoduje popychanie albo pociąganie dźwigni, która za pomocą innej dźwigni oddziałuje na zamek w drzwiach (pokrywie). Zawór ciśnieniowy (patrz rysunek 18.25), umieszczony w urządzeniu sterującym, wyłącza pompę po osiągnięciu w układzie ciśnienia (nadciśnienia) równego około 50 kPa.

Uruchamianie układu centralnego blokowania drzwi przez włożenie kluczyka do zamka pokrywy bagażnika jest możliwe wtedy, kiedy w tym zamku także jest wbudowany mikrowyłącznik.

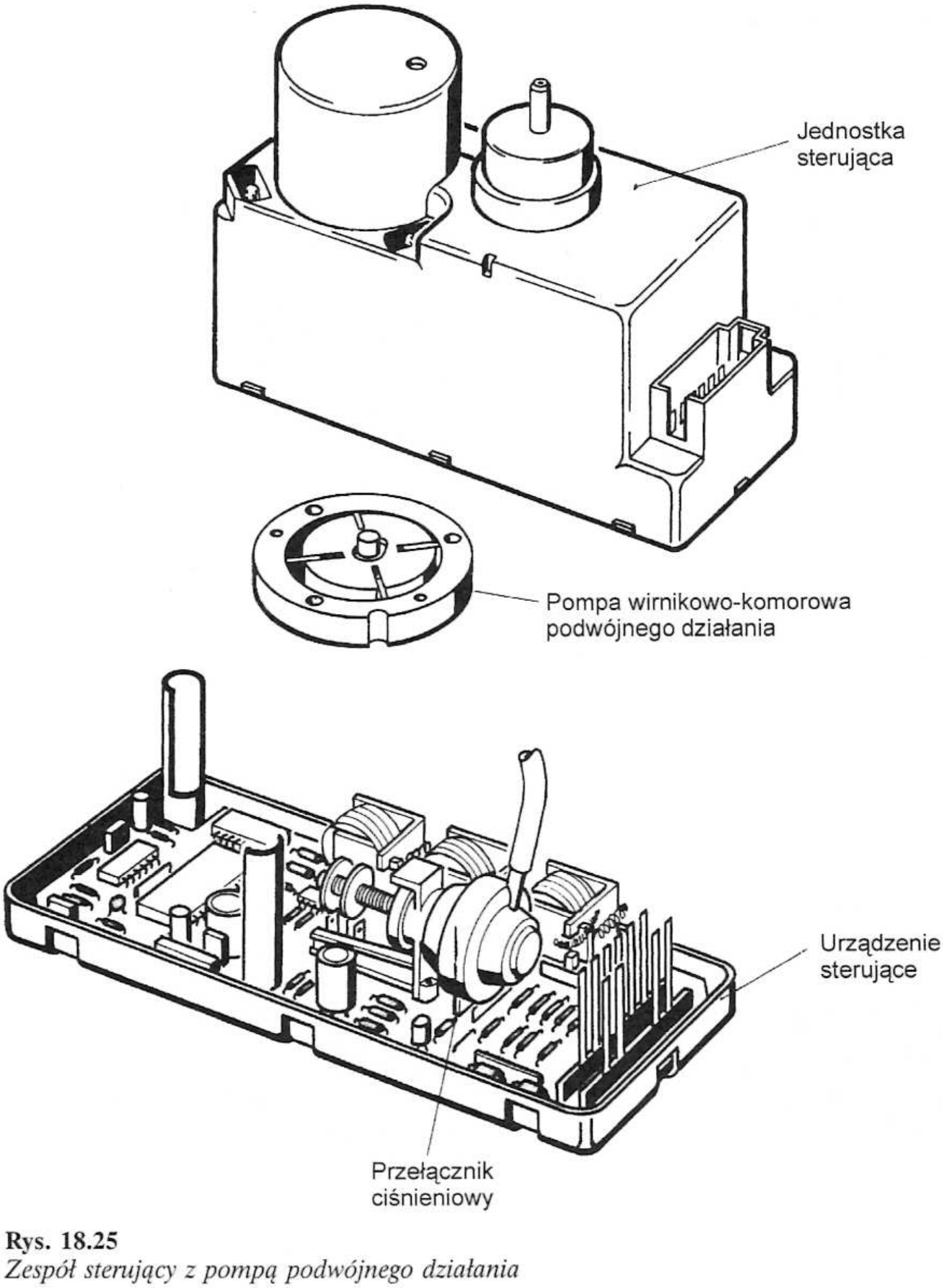
W niektórych samochodach centralne blokowanie drzwi można także uruchomić za pomocą zwykłych uchwytów blokujących w krawędziach drzwi kierowcy i pasażera z przodu. W tym rozwiązaniu nie ma meldunku zwrotnego, jeżeli jakieś drzwi nie zostaną zablokowane na skutek mechanicznego uszkodzenia zamka.

Ponieważ w takiej konstrukcji układu centralnego zamka osoba niepowołana może względnie łatwo otworzyć wszystkie drzwi za pomocą uchwytów blokujących, wprowadzono dodatkowo cewki o działaniu elektryczno-mechanicznym, połączone z kołkiem blokującym. W nastawnikach w drzwiach umieszczono dodatkowo cewkę elektromagnetyczną, kołek blokujący i mikrowyłącznik (rys. 18.27). Podczas próby kradzieży dźwignia zwrotna (popychana lub pociągana) jest mechanicznie blokowana przez wysunięty kołek (rys. 18.28).

Na rysunku 18.28 przedstawiono schemat układu centralnego blokowania drzwi z pneumatycznymi nastawnikami z wbudowanym w nich dodatkowym zabezpieczeniem, przyłączami elektrycznymi i urządzeniem sterującym. W celu lepszej przejrzystości rysunku nie umieszczono na nim całej sieci przewodów. Po pneumatycznym zablokowaniu drzwi do wszystkich nastawników jest doprowadzone napięcie z zacisku 30. Dodatkowo każdy nastawnik jest połączony dwoma przewodami z urzą-

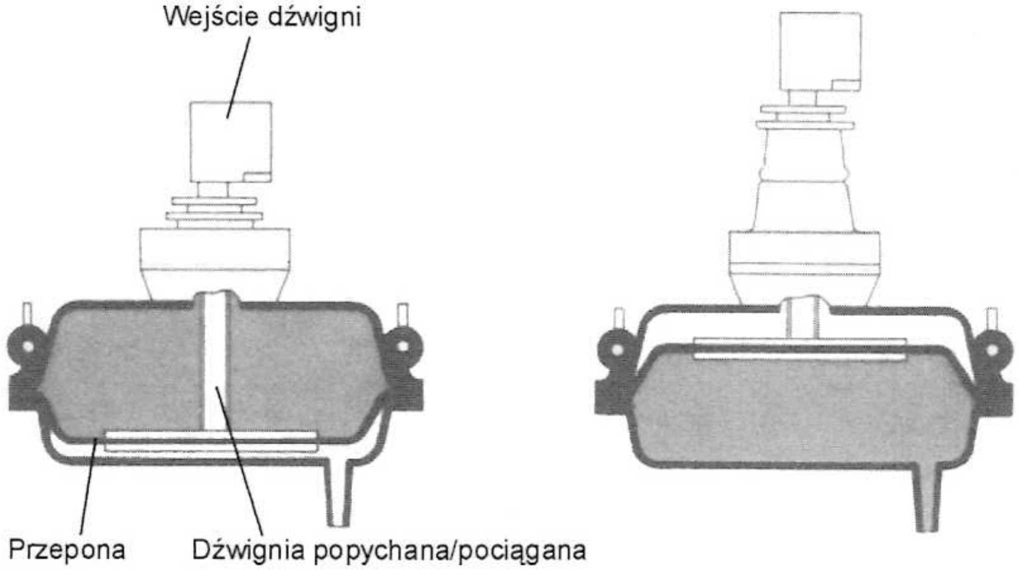


Rys. 18.24
Układ centralnego blokowania drzwi z pneumatycznymi nastawnikami

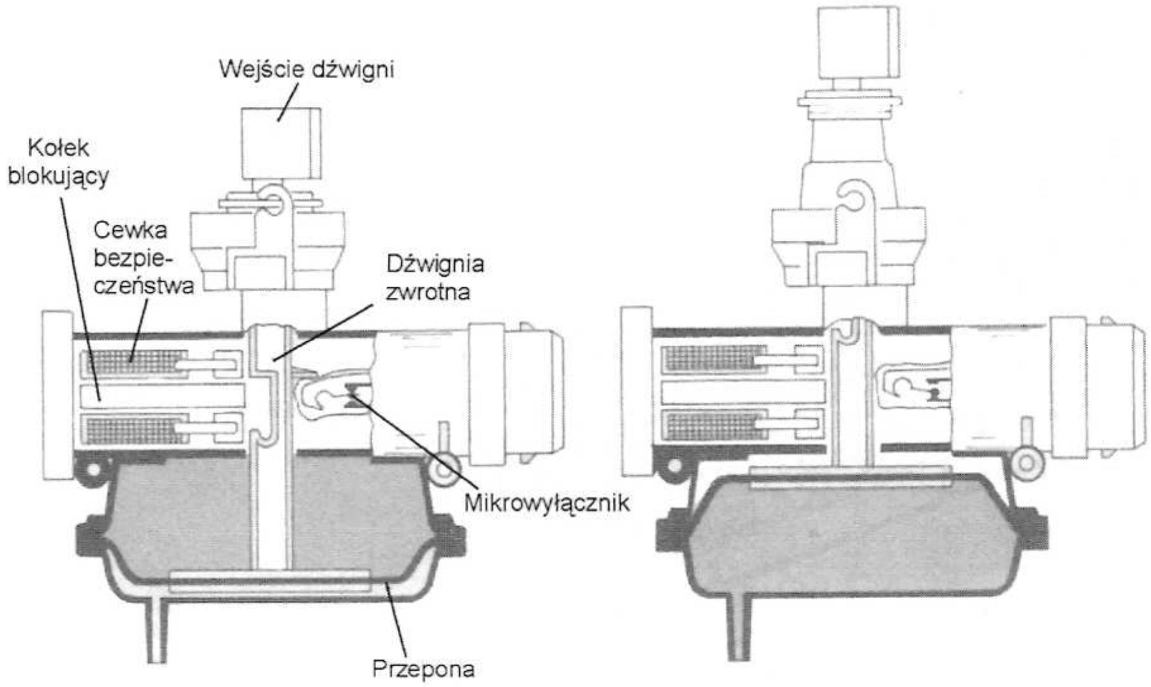


Rys. 18.25
Zespół sterujący z pompą podwójnego działania

dzeniem sterującym. Kiedy ktoś próbuje się dostać do samochodu wyciągając uchwyt blokujący, np. w drzwiach pasażera (patrz rysunek 18.28), wtedy mikrowyłącznik na zacisku 30 wysyła przewodem sygnałowym od drzwi pasażera (BFT) sygnał do urządzenia sterującego. Na tej podstawie urządzenie sterujące za pomocą pozostałych przewodów sygnałowych łączy z masą przyłącza cewek bezpieczeństwa we wszystkich nastawnikach. Przez cewki zaczyna płynąć prąd. Siła pola elektrycznego wsuwa kołki zabezpieczające w wycięcia w dźwigniach zwrotnych i je mechanicznie blokuje. Jednocześnie uruchamia się pompa podwójnego działania (podciśnieniowo-ciśnieniowa) w celu dodatkowego utrudnienia otwarcia drzwi. Opisane



Rys. 18.26
Nastawnik pneumatyczny

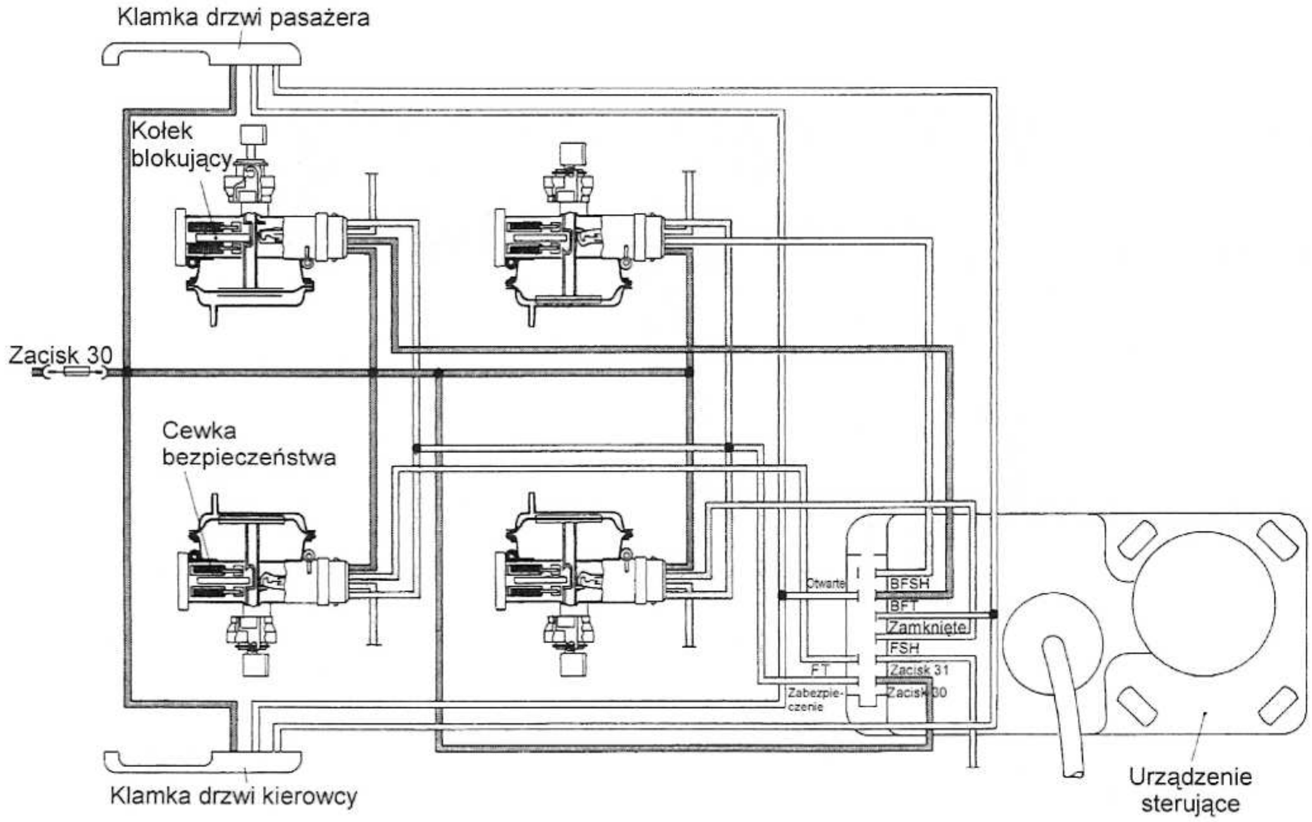


Rys. 18.27
Nastawnik pneumatyczny z dodatkowym elementem zabezpieczającym

tu procesy przebiegają w ciągu kilku milisekund, zanim złodziej zdąży całkowicie wyciągnąć uchwyt blokujący.

W razie usterki w układzie należy najpierw sprawdzić zasilanie (+) mikrowyłączników z zacisku 30 w obu przednich drzwiach oraz zasilanie nastawników i urządzenia sterującego. Konieczne jest także skontrolowanie wszystkich połączeń z masą.

Następnym krokiem jest sprawdzenie sygnałów sterujących za pomocą pomiaru napięcia na stykach „włączony", „wyłączony" we wtyku do urządzenia sterującego. Poruszanie uchwytami blokującymi w drzwiach albo przekręcanie klucza w zam-



Rys. 18.28
Przyłącza elektryczne centralnego zamka z nastawnikami pneumatycznymi i dodatkowym zabezpieczeniem (układ w położeniu podczas próby włamania)
FT – drzwi kierowcy, FSH – drzwi tylne lewe, BFT – przednie drzwi pasażera, BFSH – drzwi tylne prawe

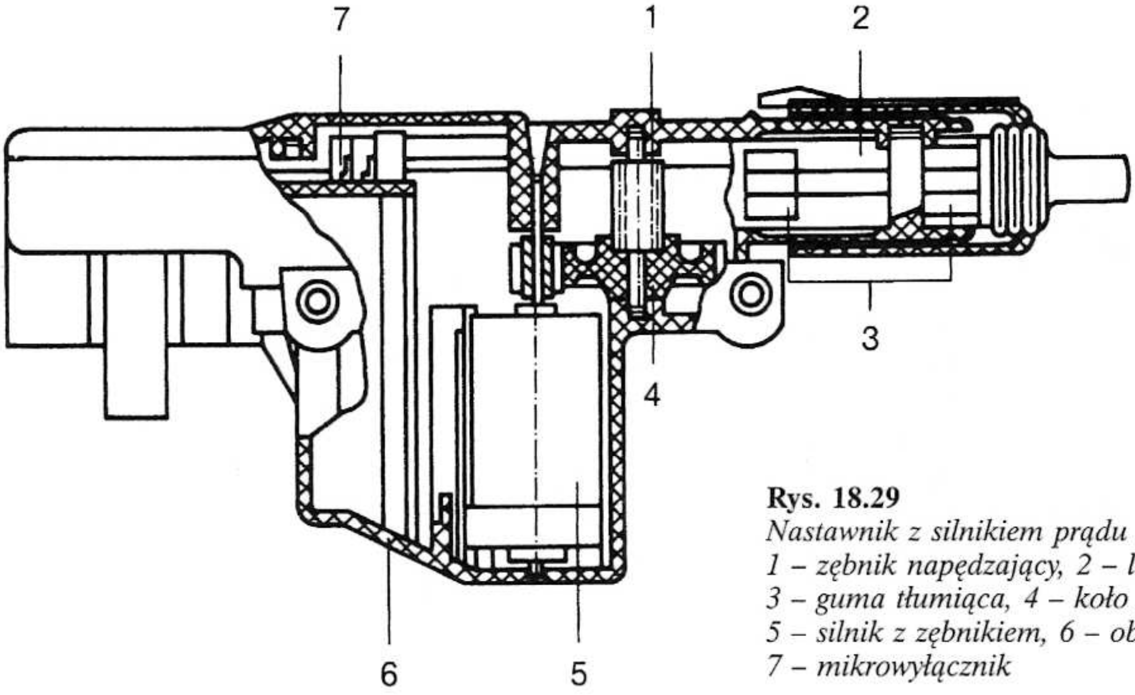
kach drzwi kierowcy i pasażera powinno każdorazowo powodować pojawienie się napięcia (zbliżonego do napięcia akumulatora) odpowiednio na stykach „włączony", „wyłączony".

Działanie mikrowyłączników w nastawnikach można również skontrolować za pomocą pomiaru napięcia. W tym celu należy zamknąć samochód i próbować lekko pociągać za kolejne uchwyty blokujące w drzwiach. W tym momencie powinno się pojawić pełne napięcie instalacji na odpowiednich stykach w urządzeniu sterującym (BTF, BFSH, FT, FSH). Żaden z uchwytów blokujących nie powinien się dać wyciągnąć do góry, a tym samym otwarcie drzwi nie powinno być możliwe.

18.6.2. Centralne blokowanie drzwi z nastawnikami elektrycznymi

W przeciwieństwie do opisanej już konstrukcji centralnego zamka, część producentów od samego początku używała rozwiązań elektroniczno-elektrycznych, w których nastawnikami są silniki elektryczne prądu stałego. Także w tym rozwiązaniu jest wiele różnych odmian, które opiszemy nieco bliżej.

Układy stosowane początkowo pracowały z silnikami prądu stałego (rys. 18.29). Ruch obrotowy silnika jest przetwarzany w ruch prostoliniowy listwy zębatej, która porusza zamkiem w drzwiach. Silniki prądu stałego obsługujące zamki w drzwiach i w pokrywie bagażnika są przez określony czas zasilane prądem bezpośrednio z urządzenia sterującego. Zależnie od kierunku przepływu prądu silniki obracają



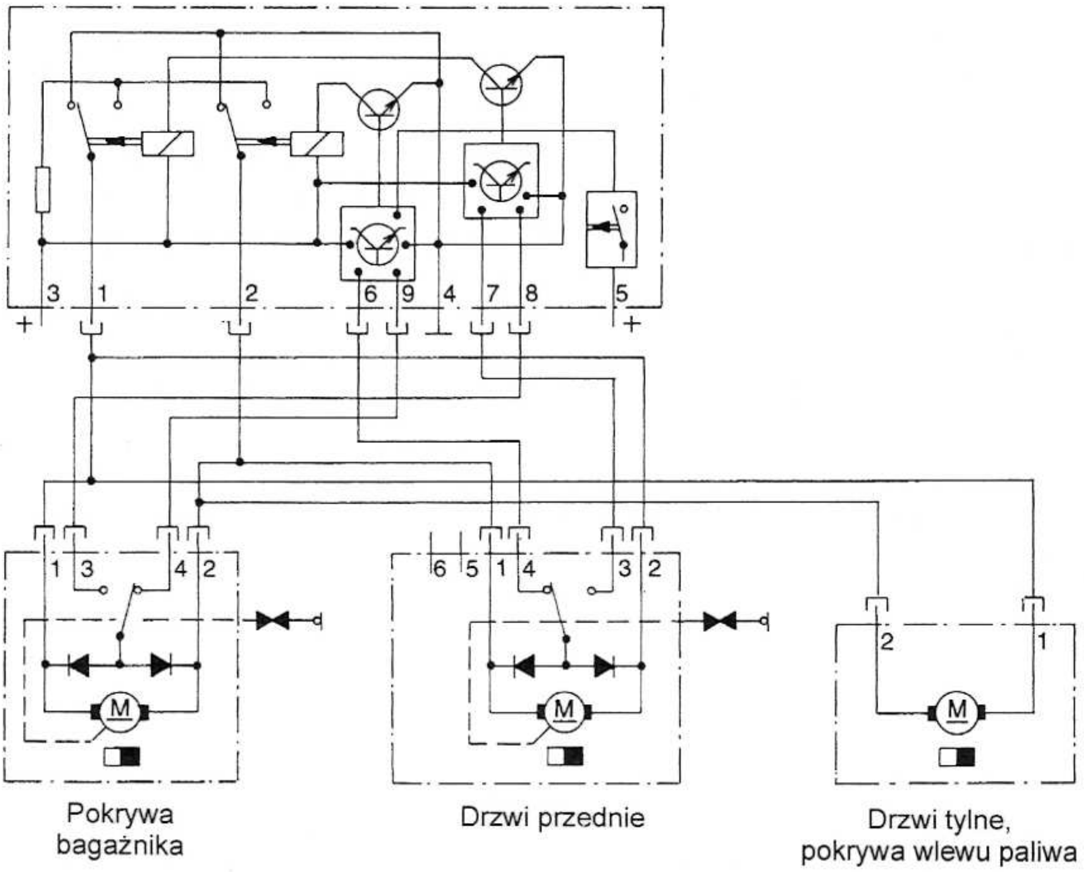
Rys. 18.29
Nastawnik z silnikiem prądu stałego
1 – zębnik napędzający, 2 – listwa zębata, 3 – guma tłumiąca, 4 – koło zębate, 5 – silnik z zębnikiem, 6 – obudowa, 7 – mikrowyłącznik

się w jednym albo w drugim kierunku i w ten sposób otwierają albo blokują odpowiedni zamek.

Centralne blokowanie drzwi może być uruchomione przez mikrowyłączniki w zamkach drzwi kierowcy, pasażera i w pokrywie bagażnika. Układ może być też uaktywniony przez mikrowyłączniki umieszczone bezpośrednio w nastawnikach, jak to pokazano na rysunku 18.29. Jeżeli takie mikrowyłączniki znajdują się w silnikach nastawczych, to zespół napędowy nastawnika układu centralnego zamka jest najpierw poruszany przez mechaniczny obrót kluczyka w zamku drzwi, co powoduje zadziałanie mikrowyłącznika i powstanie sygnału elektrycznego. Wbudowany w silnik nastawczy mikrowyłącznik wysyła również sygnał zwrotny do urządzenia sterującego układu centralnego zamka, jeżeli listwa zębata zespołu napędowego nastawnika nie pokonała pełnej drogi. Użytkownik zauważy to w postaci samoczynnego odryglowania się blokad drzwi. Mikrowyłączników na ogół nie umieszcza się w silnikach nastawczych w pokrywie wlewu paliwa i w tylnych drzwiach.

Na rysunku 18.30 przedstawiono elektryczny schemat ideowy opisanego wyżej układu. W celu lepszej przejrzystości rysunku umieszczono na nim tylko po jednym nastawniku dla przednich i tylnych drzwi (razem z pokrywą wlewu paliwa) i dla pokrywy bagażnika. Działanie i przyłącza elektryczne nie narysowanych nastawników są identyczne.

Urządzenie sterujące jest zasilane napięciem z akumulatora (+) przez styk 3 i połączone z masą przez styk 4. W położeniu spoczynkowym styki 1 i 2 są połączone z masą. Po obróceniu kluczyka w zamku albo po wyciągnięciu uchwytu blokującego jest uruchamiany nastawnik w drzwiach, a tym samym cały układ centralnego zamka. Urządzenie sterujące otrzymuje na styk 6 albo 9 (otwarte) bądź na styk 7 albo 8 (zamknięte) sygnał masy z mikrowyłączników i diod w zespołach napędowych nastawników, połączonych ze stykiem 1 albo 2. Następnie urządzenie sterujące wysyła na styk 1(zamknięte) albo styk 2 (otwarte) krótki sygnał prądowy (+).



Rys. 18.30
Schemat ideowy układu centralnego zamka bez zabezpieczenia przed odblokowaniem
1 – wyjście „zamknięte", 2 – wyjście „otwarte", 3 – akumulator (+), 4 – akumulator (−), 5 – czujnik (+), 6 – wejście 1 „otwarte", 7 – wejście 1 „zamknięte", 8 – wejście 2 „zamknięte", 9 – wejście 2 „otwarte"

Nie zasilony styk pozostaje połączony z masą. Wszystkie silniki elektryczne przez chwilę pracują i odpowiednio odblokowują albo zablokowują zamki w drzwiach i pokrywach. Ruch wszystkich nastawników powoduje także uruchomienie mikrowyłączników. Jeżeli któryś z silników elektrycznych albo mikrowyłączników podczas ryglowania zamków pozostanie jednak w pozycji „otwarte", wówczas urządzenie sterujące traktuje to jako nowy sygnał i ponownie otwiera wszystkie zamki (meldunek zwrotny usterki układu).

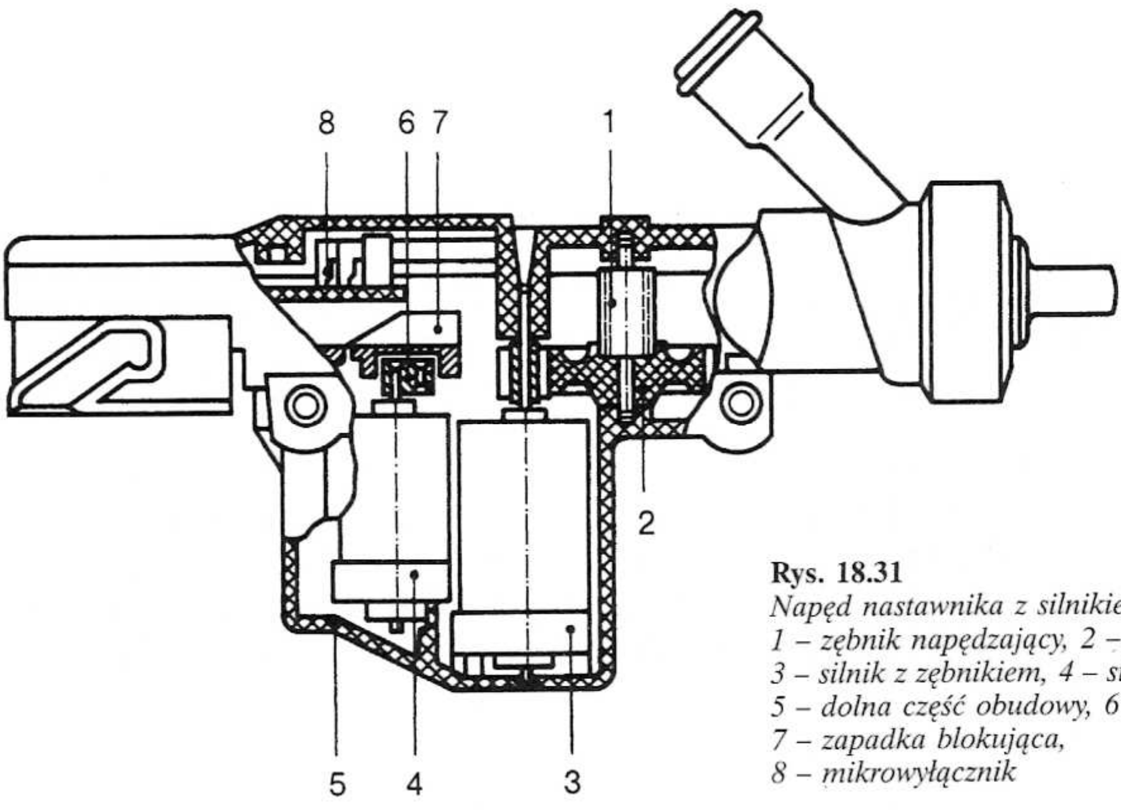
Przedstawione na rysunku 18.30 odrębne sterowanie nastawnika w pokrywie bagażnika jest konieczne tylko w układach centralnego zamka z tzw. czujnikiem „crash". Wówczas urządzenie sterujące ma na styku 5 dodatkowe zasilanie (+). W razie wypadku uaktywnia się umieszczony w urządzeniu sterującym czujnik „crash" (działa podobnie, jak przedni czujnik układu poduszki gazowej) i wysyła sygnał (+) do styku 2 (otworzyć zamki). Dzięki temu wszystkie zamki, oprócz pokrywy bagażnika, zostają centralnie odblokowane. Czujnik „crash" jest zasilany (+) z zacisku 15. Oznacza to, że tylko przy włączonym zapłonie i zaryglowanych wszystkich zamkach, ze względów bezpieczeństwa, podczas wypadku są centralnie otwierane zamki wszystkich drzwi.

Coraz większe wymagania w zakresie ochrony samochodu przed kradzieżą spowodowały konieczność wprowadzenia dodatkowych zabezpieczeń także w elek-

trycznych nastawnikach centralnego blokowania drzwi. Istnieje tu kilka różnych rozwiązań, które mają jednak ten sam cel: otwarcie zamków w drzwiach przez wyciągnięcie uchwytu blokującego nie może być skuteczne nawet przy użyciu dużej siły. W tym celu są stosowane nastawniki, w których albo umieszczono dodatkowy silnik elektryczny albo silnik podstawowy jest tak zbudowany, żeby z położenia „zabezpieczony" mógł ruszyć jedynie po elektrycznym odryglowaniu specjalnej blokady mechanicznej. Blokada nie działa w położeniach otwierania i zamykania.

Dodatkowo może być wprowadzone mechaniczne odłączanie zamka od klamki albo mechaniczne ustawianie się zamka po zaryglowaniu w położeniu poza zwrotnym punktem.

Niezależnie od zastosowanych rozwiązań zawsze musi istnieć możliwość dostania się do samochodu za pomocą kluczyka w razie wyczerpania się akumulatora; przynajmniej przez drzwi kierowcy.

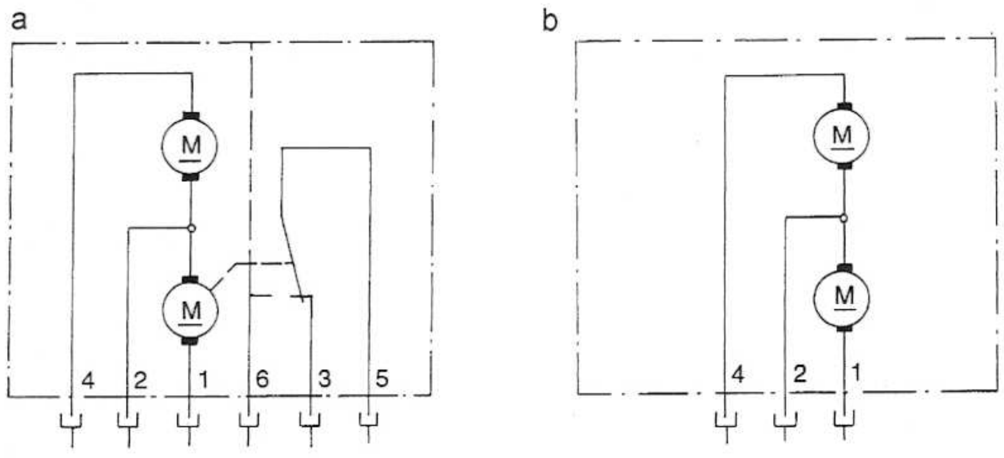


Rys. 18.31
Napęd nastawnika z silnikiem blokującym
1 – zębnik napędzający, 2 – koło zębate, 3 – silnik z zębnikiem, 4 – silnik blokujący, 5 – dolna część obudowy, 6 – mimośród, 7 – zapadka blokująca, 8 – mikrowyłącznik

Na rysunku 18.31 pokazano elektryczny nastawnik z dodatkowym silnikiem blokującym. Nie ma potrzeby stosowania tego rozwiązania w silnikach nastawczych pokryw bagażnika i wlewu paliwa. Na podstawie schematów na rysunkach 18.32a i b wyjaśniono działanie układu. Po otrzymaniu przez zaciski 1 i 2 zasilania dla operacji blokowania silnik przez chwilę się obraca i za pomocą zębnika przesuwa listwę zębatą, która blokuje zamek. Podczas ruchu listwy jest uruchamiany umieszczony w nastawniku mikrowyłącznik, który wysyła do urządzenia sterującego sygnał zwrotny. Dodatkowym zadaniem mikrowyłącznika jest spowodowanie wciśnięcia albo wypchnięcia uchwytów blokujących w drzwiach kierowcy i pasażera. W nastawnikach w drzwiach tylnych nie umieszcza się mikrowyłączników (rys. 18.32b).

W celu ustawienia układu centralnego zamka w położeniu zabezpieczonym, po zaryglowaniu zamków w drzwiach silniki blokujące otrzymują zasilanie ze styków 4 i 1. Za pomocą mimośrodu i zapadki zostaje mechanicznie zablokowany zespół napędowy nastawnika.

Podczas odblokowania układu ze styków 4 i 1są zasilane oba silniki elektryczne, które obracają się w przeciwnym kierunku. Nie jest przy tym istotne, czy centralny zamek był tylko zablokowany, czy także dodatkowo zabezpieczony. Uruchomienie centralnego zamka w pozycji zabezpieczonej przez wyciągnięcie uchwytów blokujących w drzwiach nie jest możliwe, gdyż układy napędowe nastawników są zablokowane mechanicznie. Proces otwierania, blokowania i zabezpieczania jest uruchamiany przez dwa mikrowyłączniki w drzwiach kierowcy i przez odpowiedni sygnał (zacisk 30) do urządzenia sterującego układu centralnego zamka. Takie same dwa mikrowyłączniki są często montowane także w drugich przednich



Rys. 18.32
Schemat napędu nastawnika z silnikiem blokującym:
a) z mikrowyłącznikiem, b) bez mikrowyłącznika

drzwiach. Zablokowanie i odblokowanie całego układu za pomocą zamka w pokrywie bagażnika jest możliwe, ale tylko wtedy, kiedy układ nie jest zabezpieczony. Jeżeli tak jest, wtedy można otworzyć i zamknąć samą pokrywę za pomocą klucza.

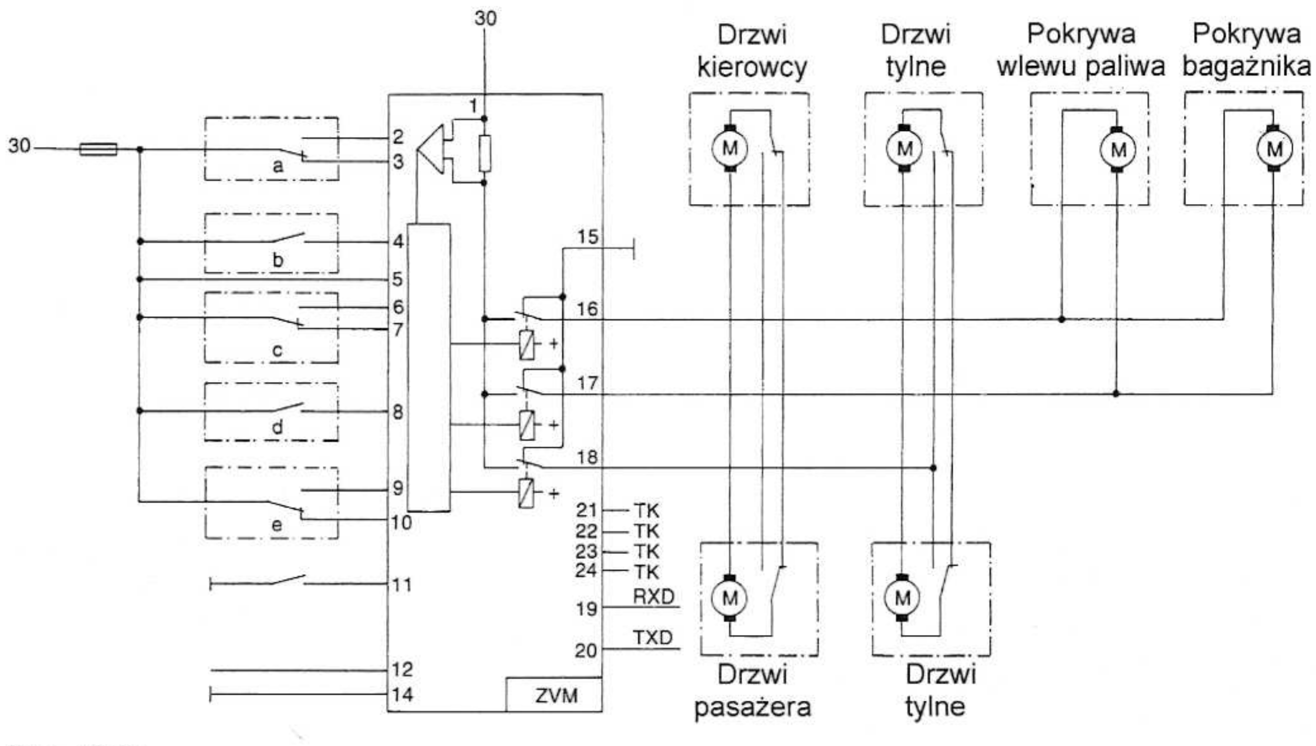
Jak już wspomniano, można także zabezpieczyć układ za pomocą tylko jednego silnika elektrycznego w nastawniku. Wówczas silnik musi przyjmować trzy położenia: otwieranie, blokowanie, zabezpieczanie. Spotyka się trzy rozwiązania zabezpieczania układu.

W położeniu zabezpieczenia układu silnik elektryczny ustawia się poza zwrotnym punktem i w takie samo położenie ustawia zamek albo uchwyty blokujące w drzwiach, a klamki wewnętrzne oraz zewnętrzne zostają mechanicznie odłączone od zamka (przestają otwierać drzwi). Na rysunku 18.33 przedstawiono schemat elektryczny takiego rozwiązania. Poniżej wyjaśniono krótko jego działanie i opisano sygnały wejściowe i wyjściowe.

Kiedy zamki są odblokowywane, zablokowywane albo zabezpieczane, wtedy na odpowiednie styki urządzenia sterującego układu centralnego blokowania drzwi

jest z mikrowyłączników w drzwiach kierowcy i pasażera albo pokrywy bagażnika przekazywany sygnał napięcia (+) z zacisku 30. (Działanie mikrowyłączników może być sprawdzone przez pomiar napięcia na różnych stykach wejściowych urządzenia sterującego przy jednoczesnym otwieraniu i zamykaniu odpowiedniego zamka). W zależności od tego, która z trzech opcji ma być zrealizowana, silniki elektryczne są zasilane odpowiednio z urządzenia sterującego i obracają się w jednym lub drugim kierunku. W szczegółach oznacza to:

- blokowanie: ze styku 17 płynie prąd (+), a styk 16 jest połączony z masą. Silniki się obracają, blokują zamki i uruchamiają umieszczone w drzwiach mikrowyłączniki;
- zabezpieczanie: ze styku 18 płynie prąd (+), a styk 16 jest połączony z masą. Silniki obracają się dalej i zabezpieczają układ;
- odblokowanie: styki 17 i 18 są połączone z masą, a ze styku 16 jest wysyłany sygnał (+). Silniki obracają się w odwrotnym kierunku i odblokowują zamki, niezależnie od tego, czy zamki były tylko zablokowane, czy także zabezpieczone. Mikrowyłączniki w nastawnikach w drzwiach przyjmują swoje pozycje wyjściowe.

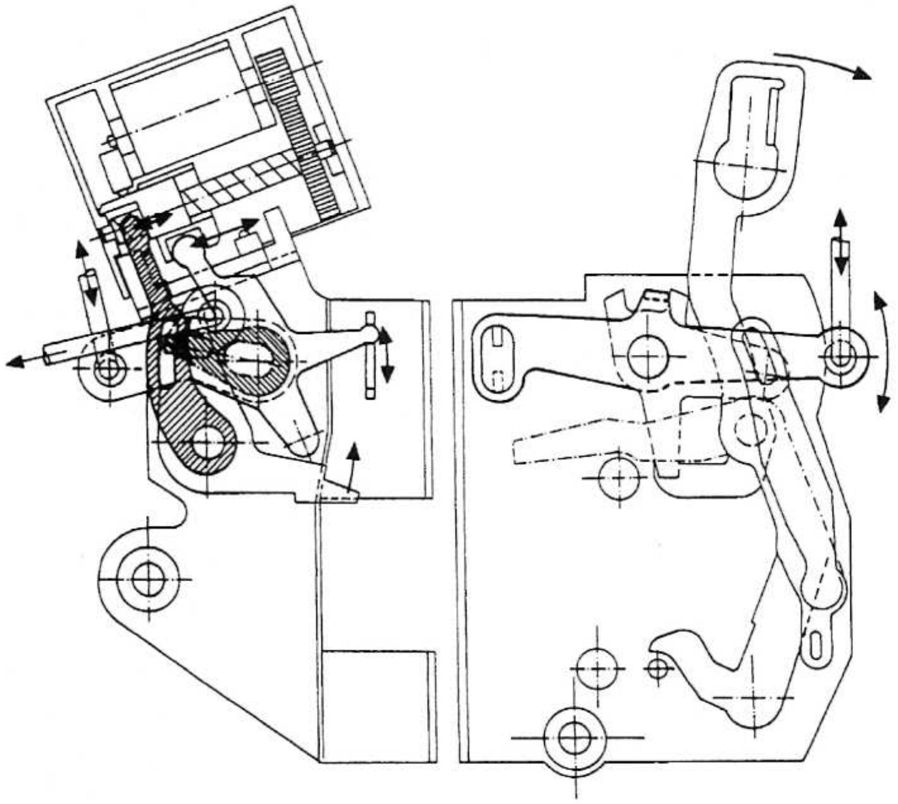


Rys. 18.33
Schemat centralnego zamka z zabezpieczeniem w postaci mechanicznego odłączania zamków
a – mikrowyłącznik w drzwiach kierowcy, blokowanie/odblokowanie, b – mikrowyłącznik w drzwiach kierowcy, zabezpieczanie centralne, c – mikrowyłącznik w drzwiach pasażera, blokowanie/odblokowanie, d – mikrowyłącznik w drzwiach pasażera, zabezpieczanie centralne, e – mikrowyłącznik w pokrywie bagażnika, blokowanie/odblokowanie

Styk 1 jest zasilany prądem obciążenia, a styk 15 zapewnia połączenie z masą. Styk 14 jest dodatkowym połączeniem z masą elektronicznego urządzenia sterującego.

Na styk 12 wchodzi sygnał z zacisku 15. W razie wypadku z czujnika „crash" jest wysłany sygnał masy do styku 11 w celu otwarcia centralnego zamka, jeżeli układ był w momencie wypadku zabezpieczony albo zablokowany.

Na rysunku 18.34 przedstawiono nastawnik używany w rozwiązaniu układu centralnego blokowania drzwi z zabezpieczeniem w postaci odłączania zamka od klamki i uchwytów blokujących. Ruch obrotowy silnika elektrycznego jest przenoszony przez zębnik na rodzaj listwy zębatej i dalej na układ dźwigni.



Rys. 18.34
Nastawnik z obrotowo--zapadkowym zamkiem bezpieczeństwa

Wiele konstrukcji układów centralnego zamka przystosowano do zdalnej obsługi. W tym celu z elektronicznych elementów przetwarzania danych układu zdalnej obsługi prowadzą liczne przewody do układu centralnego zamka, przez które są doprowadzane takie same sygnały, jak z mikrowyłączników. Równie często centralne blokowanie drzwi jest połączone z instalacją alarmową ochrony przed kradzieżą. Oba te układy i zdalna obsługa posługują się wspólnymi sygnałami z mikrowyłączników.

W samochodach wyższej klasy układy ochrony przed kradzieżą, centralnego blokowania drzwi i zdalnej obsługi coraz częściej współpracują z pozostałymi elektronicznymi układami komfortu jazdy albo wszystkie są zintegrowane w jednej centralnej jednostce sterującej (porównaj rozdział 19).

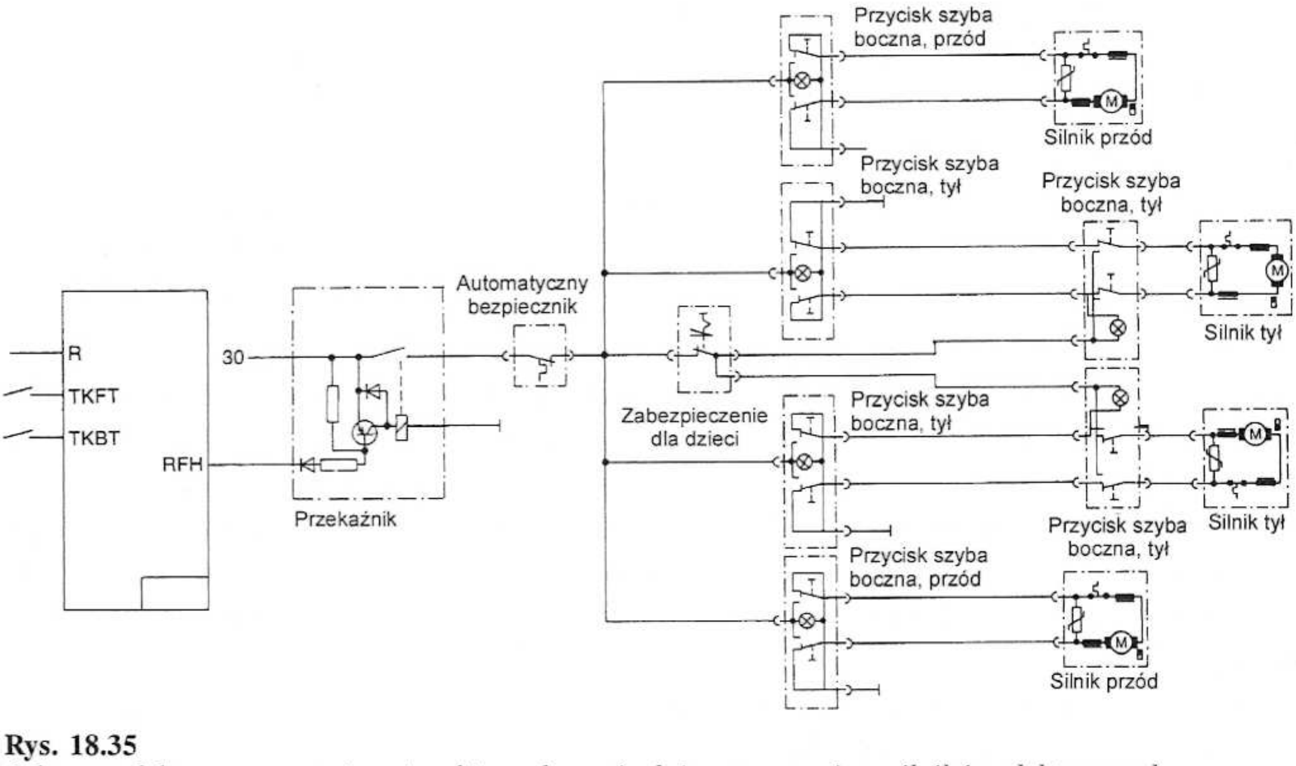
18.7. Elektryczne sterowanie szyb

Coraz więcej samochodów, także niższej klasy, jest wyposażonych w elektryczne otwieranie i zamykanie szyb drzwi bocznych. Samo zadanie elektrycznego sterowania szyb jest proste, ale prawie każdy producent rozwiązuje je nieco inaczej.

Wszędzie jednak jest używany względnie duży silnik prądu stałego z możliwością obracania się w obie strony. Zależnie od kierunku przepływu prądu roboczego silnik otwiera lub zamyka okna. W stosunku do konstrukcji ręcznego otwierania okien elektryczny mechanizm podnoszenia i opuszczania szyb ma przeważnie znacznie większe przełożenie (większa prędkość obrotowa – potrzeba mniejszej siły – mniejsze zużycie prądu). We wszystkich konstrukcjach jest także wspólna zasada otwierania i zamykania szyb za pomocą przycisku. Budowa takiego przycisku bywa jednak różna.

W najprostszych rozwiązaniach elektryczne sterowanie szyb można uruchomić przyciskiem tylko po zasileniu prądem zacisku 15. W rozwiązaniach komfortowych wszystkie okna zmykają się automatycznie po uruchomieniu centralnego zamka kluczem albo za pomocą zdalnego sterowania. W prostych rozwiązaniach silniki elektryczne są zasilane za pośrednictwem przekaźnika, uruchamianego z zacisku 15. W rozwiązaniach wyższej klasy są stosowane centralne, elektroniczne urządzenia sterujące układów komfortu jazdy.

Poniżej opisano i pokazano na rysunkach 18.35 do 18.37 schematy ideowe różnych układów elektrycznego sterowania szyb. Powiązanie pojedynczych elektronicznych układów komfortu jazdy w jeden system sieciowy opisano w rozdziale 19.



Rys. 18.35
Schemat elektrycznego otwierania okien z bezpośrednim sterowaniem silników elektrycznych

Na schemacie ideowym na rysunku 18.35 przedstawiono popularne rozwiązanie elektrycznego sterowania szyb. Po naciśnięciu przycisku podnoszenia i opuszczania szyb przekaźnik włącza zasilanie do odpowiedniego silnika elektrycznego. Uruchamianie przekaźnika następuje tylko z zacisku 15 albo, jak to pokazano na rysunku 18.35, przez doprowadzenie sygnału masy do urządzenia sterującego układu centralnego zamka. W tym przypadku silniki poruszające szybami są uruchamiane

także po ustawieniu kluczyka w stacyjce w położeniu zacisku R albo po otwarciu przednich drzwi.

Automatyczny bezpiecznik umieszczony za przekaźnikiem jest elektronicznym bezpiecznikiem, który przerywa zasilanie w razie przeciążenia obwodu z powodu spięcia albo zbyt dużego poboru prądu przez silniki elektryczne. Po pewnym czasie bezpiecznik ponownie zamyka obwód.

Prąd (+) przechodzący przez automatyczny bezpiecznik jest rozprowadzany do poszczególnych przycisków sterowania szyb. Przyciski mają stałe połączenie z masą. Po wciśnięciu przycisku żądanego kierunku (otwieranie lub zamykanie) jest zwierany zestyk i zamykany obwód zasilania (+) silnika, który obraca się w żądanym kierunku. Po zwolnieniu przycisku zestyk się rozwiera, przerywa obwód zasilania i silnik natychmiast się zatrzymuje. Wciśnięcie przycisku odwrotnego kierunku powoduje zamknięcie drugiego zestyku i zmianę kierunku prądu, silnik zaczyna się obracać w przeciwnym kierunku.

W samochodzie, w którym jest zainstalowany opisywany układ, przyciski wszystkich czterech bocznych szyb umieszczono na środkowej konsoli w zasięgu rąk kierowcy i pasażera. Tam też umieszczono przycisk zabezpieczający otwieranie szyb przez dzieci, za pomocą którego można przerwać obwód zasilania prądem (+) dodatkowych przycisków otwierania tylnych bocznych okien. Przyciski te, umieszczone w tylnych drzwiach, są wówczas nieaktywne, nadal jednak można otwierać tylne okna za pomocą przycisków na przedniej konsoli.

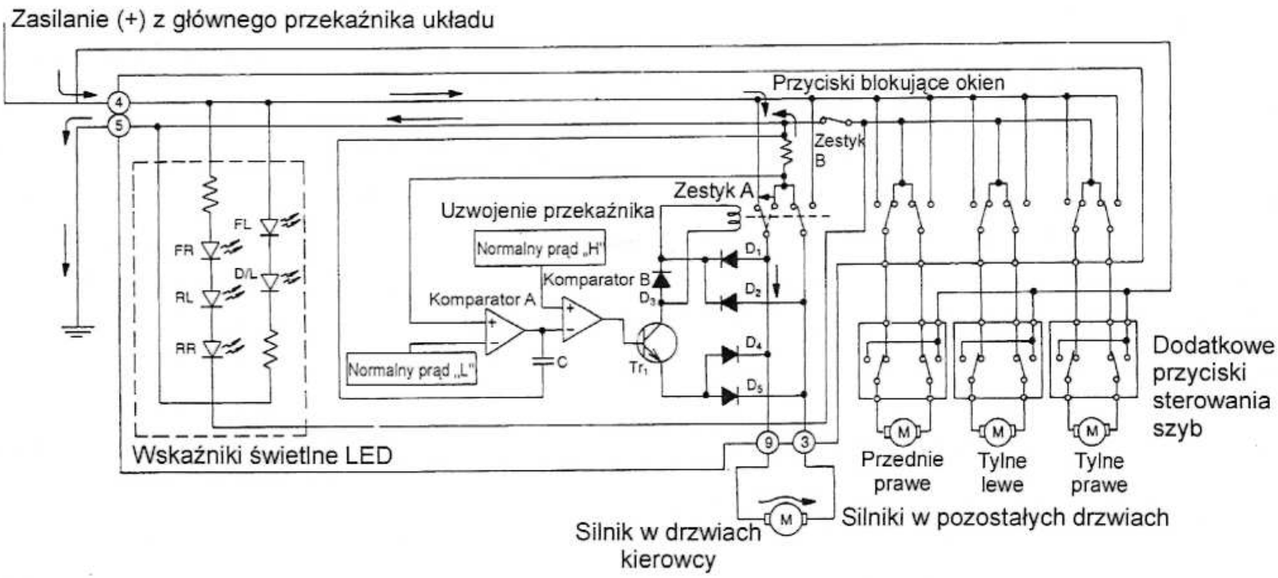
Podczas ręcznego otwierania i zamykania okna użytkownik wyczuje krańcowe położenie szyby. Przy elektrycznym sterowaniu szyb nie jest to możliwe. Nie ma też informacji zwrotnej o całkowitym otwarciu (zamknięciu) okna i użytkownik nie zwalnia w porę przycisku sterującego. Silnik jest nadal zasilany prądem, chociaż nie może się dalej obracać. Żeby nie uległ uszkodzeniu, musi być odpowiednio zabezpieczony.

W każdym silniku układu elektrycznego sterowania szyb jest umieszczony elektroniczny bezpiecznik, który przerywa zasilanie prądem na pewien czas, jeżeli dalszy obrót silnika zostaje zablokowany i pobór prądu jest za duży. Bezpiecznik chroni silnik przed przegrzaniem i uszkodzeniem oraz chroni całą instalację elektryczną przed przeciążeniem.

Na rysunku 18.36 przedstawiono schemat ideowy częściowo automatycznego układu elektrycznego sterowania szyb. Dla lepszej przejrzystości rysunku pokazano tylko automatyczne otwieranie i zamykanie bocznej szyby od strony kierowcy. Przyciski sterujące mają dwa położenia do otwierania i do zamykania szyb. W celu otwarcia okna należy tak długo trzymać przycisk, aż silnik ustawi szybę w pożądanym położeniu. W celu zamknięcia okna wystarczy na chwilę wcisnąć przycisk, który pozostaje aktywny dopóki szyba automatycznie nie podniesie się do oporu. Przycisk jest utrzymywany w aktywnym położeniu za pośrednictwem cewki przekaźnika. Opór po całkowitym zamknięciu okna powoduje znaczny wzrost natężenia prądu w silniku. Ustawienie się silnika w położeniu krańcowym rejestruje komparator A i przekazuje sygnał „high" do komparatora B. Na podstawie tego sygna-

łu komparator B blokuje tranzystor, który przerywa zasilanie prądem cewki przekaźnika i dzięki temu umożliwia powrót przycisku zamykania szyby do położenia neutralnego. W układzie przedstawionym na rysunku 18.36 główne przyciski sterowania szyb są umieszczone w drzwiach kierowcy. Przyciski pomocnicze znajdują się w poszczególnych drzwiach. Po uruchomieniu centralnego blokowania drzwi zostaje przerwane zasilanie wszystkich przycisków sterujących szybami z wyjątkiem przycisku w drzwiach kierowcy.

Na rysunku 18.37 przedstawiono schemat ideowy częściowo automatycznego układu elektrycznego sterowania szyb, wyposażonego we własne urządzenie sterujące, wysyłające dodatkowy sygnał masy. Elektronika sterująca i silnik elektryczny w drzwiach stanowią jeden zespół sterujący. Taki zespół znajduje się w każdych drzwiach. Niezależnie od tego jest jeszcze centralne urządzenie sterujące układu sterowania szyb z wieloma wejściami (np. przyciski sterujące) i wyjściami (np. uruchamianie silników elektrycznych w drzwiach). Schemat z rysunku 18.37 dotyczy samochodu coupé z bocznymi szybami bez ram. Jeżeli okna są całkowicie zamknięte,

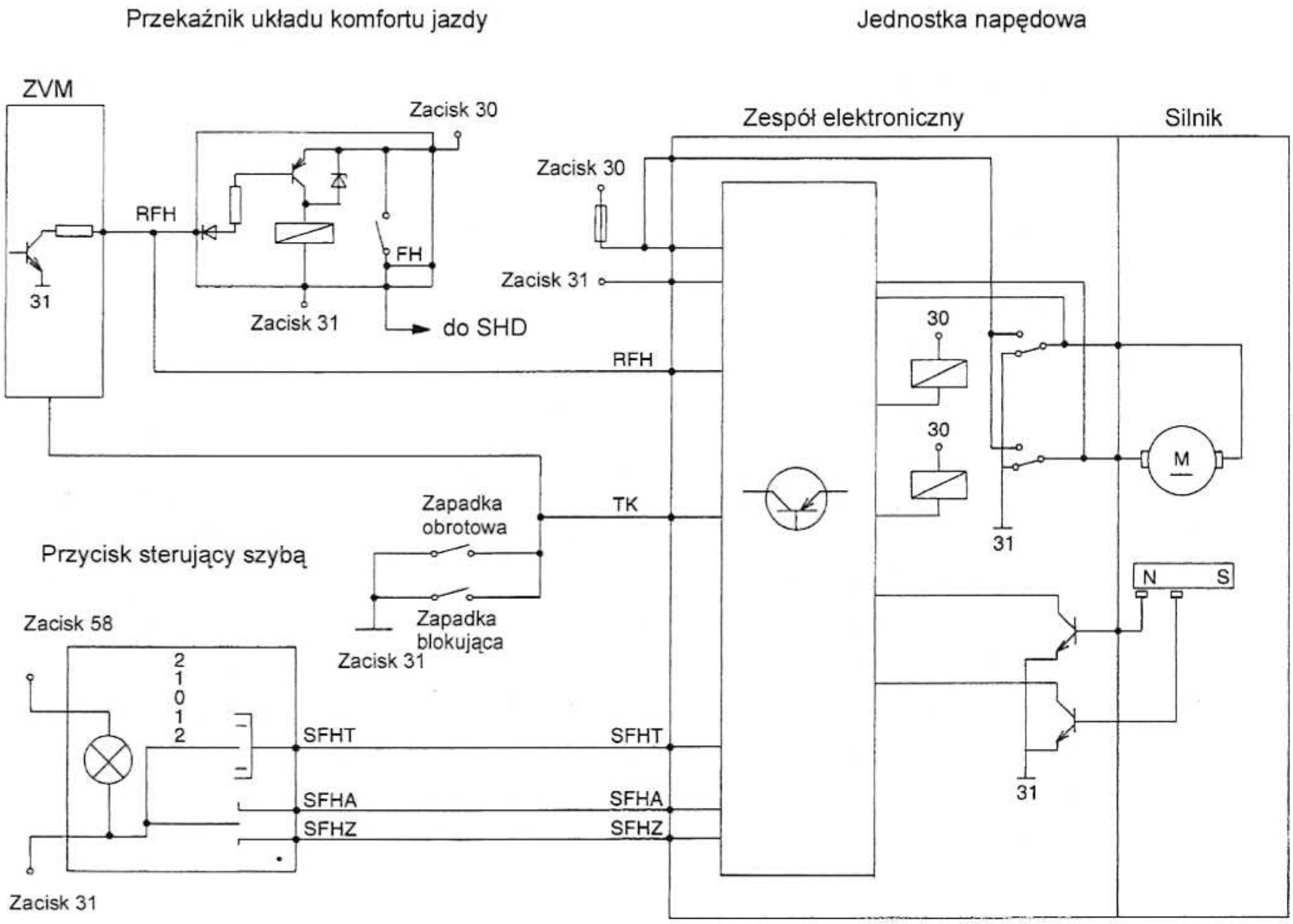


Rys. 18.36
Schemat częściowo automatycznego elektrycznego układu sterowania szyb

to przy otwieraniu drzwi szyby lekko się opuszczają a po zamknięciu drzwi podnoszą się do góry i wchodzą pomiędzy uszczelki. Ruchy szyb są wyzwalane przez dwa mikrowyłączniki w zamkach drzwi. Po zwarciu jednego z mikrowyłączników sygnał masy płynie do zespołu sterującego, który na krótko uruchamia silnik elektryczny i szyba lekko się opuszcza, zanim otworzą się drzwi. Po zamknięciu drzwi przy braku sygnału masy szyba przesuwa się do góry. W układzie tym zamiast sygnałów z zestyków w drzwiach są przetwarzane sygnały z mikrowyłączników na obrotowej zapadce i zapadce blokującej układu centralnego zamka, sygnały z układu sterowania oświetlenia wewnętrznego i z instalacji alarmowej ochrony przed kradzieżą. Zarówno opisana wyżej funkcja, jak i stan gotowości całego układu są możliwe

dopiero po wysłaniu przez układ centralnego zamka sygnału masy (styk 1) do urządzenia sterującego układu elektrycznego sterowania szyb. Układ jest w sposób ciągły zasilany napięciem (+) z zacisków 30 i 31 do styków 6 i 7 urządzenia sterującego.

Układ elektrycznego sterowania szyb jest uruchamiany za pomocą przycisków. W położeniu 1 przycisku jest wysyłany sygnał masy odpowiednio do styku 5 (otwarte) albo do styku 4 (zamknięte) urządzenia sterującego, które zasila i uruchamia silnik, o ile nie znajduje się on w którymś z dwóch krańcowych położeń. Po mocniejszym wciśnięciu przycisku (położenie 2) urządzenie sterujące otrzymuje dodatko-



Rys. 18.37
Schemat układu elektrycznego otwierania okien z urządzeniem sterującym
FH – podnoszenie szyby, SFHT – sygnał położenia przycisku, SFHZ – sygnał z przycisku – okno zamknięte, RFH – sygnał z przekaźnika zamykania okien, TK – sygnał z zestyku w drzwiach, SFHA – sygnał otwierania okna, ZVM – układ centralnego zamka

wy sygnał masy, po którym okna automatycznie się zamykają albo otwierają. Przycisk sterujący nie musi być przy tym cały czas wciskany. Każdy obrót silnika jest rejestrowany za pomocą czujnika Halla i przesyłany do urządzenia sterującego, które na podstawie tych sygnałów rozpoznaje aktualne położenie szyby i realizuje opisane wyżej funkcje. Po przerwaniu zasilania elektrycznego jest konieczne ponowne ustawienie w urządzeniu sterującym krańcowych położeń szyb. Przeprowadza się to przytrzymując przez kilka sekund przycisk sterowania przy zamkniętym

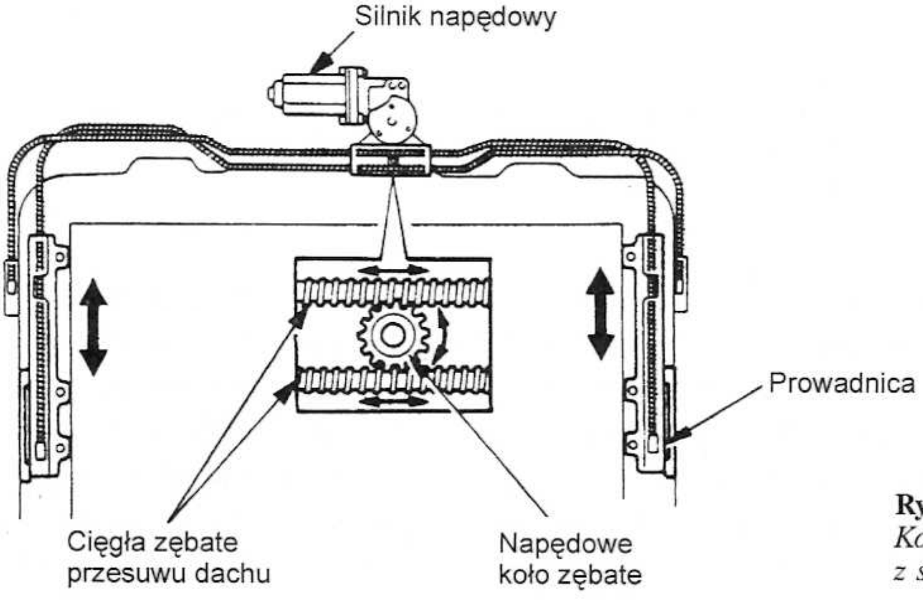
oknie. Bez takiego „wyzerowania" (ponownego zainstalowania) urządzenia sterującego nie byłyby dostępne automatyczne funkcje układu sterowania szyb.

Ze względów bezpieczeństwa wszystkie układy elektrycznego sterowania szyb, realizujące niektóre funkcje automatycznie, muszą być wyposażone w automatyczne zabezpieczenie przed zaciśnięciem (np. ręki) między krawędzią szyby i ramką. Działa ono jedynie podczas poruszania się szyby w górę. Element zabezpieczający rozpoznaje zwiększony opór w trakcie podnoszenia szyby na podstawie zwiększonego poboru prądu silnika zamykającego okno i zmienia na krótko kierunek prądu, w wyniku czego silnik obraca się w przeciwnym kierunku. Funkcja zabezpieczenia przed zaciśnięciem może być wyłączona przez przytrzymanie przycisku sterującego w położeniu 2 albo przez wielokrotne wciskanie przycisku (rozwiązanie zależne od producenta). Ma to na celu przezwyciężenie niespodziewanych oporów szyby albo zamknięcie okna siłą mimo, że jest ono przytrzymywane np. przez napastnika.

18.8. Elektryczne sterowanie dachu

Coraz więcej samochodów jest wyposażanych w otwierany dach (rozsuwano-podnoszony, rozsuwano-wychylny). Większość konstrukcji otwieranego dachu jest sterowana elektrycznie. Nowych samochodów nie wyposaża się już w dachy otwierane ręcznie.

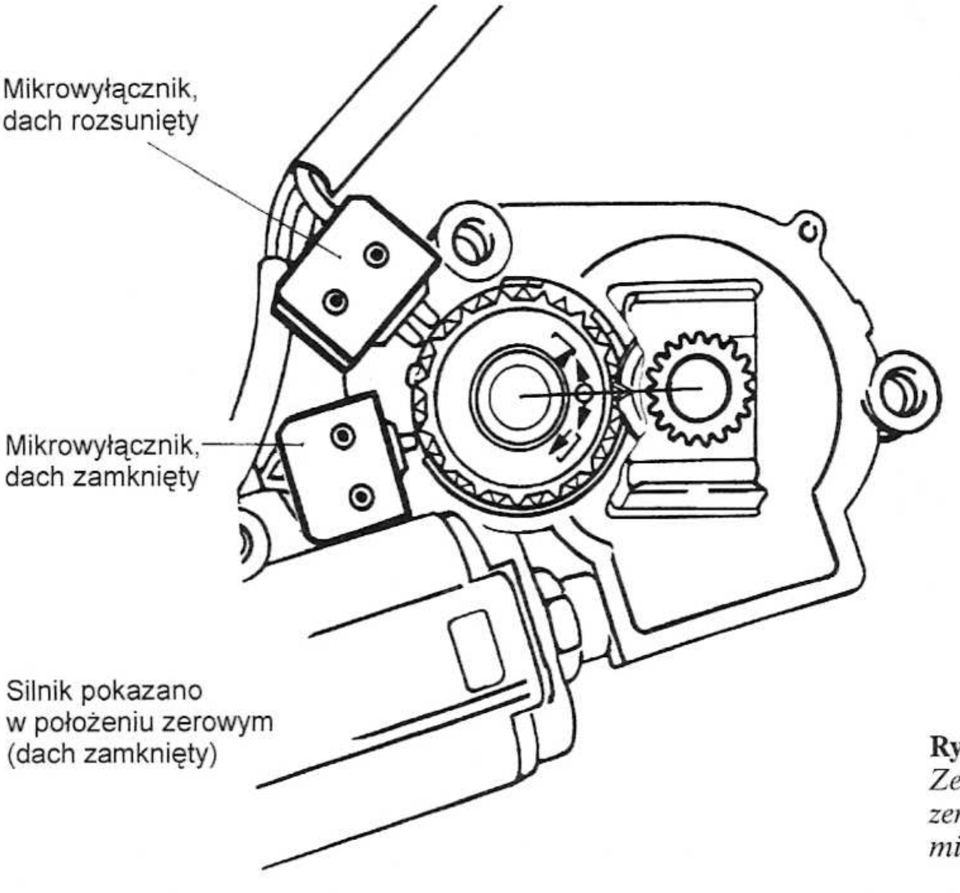
Elektryczne sterowanie dachu jest rozwiązane bardzo podobnie do elektrycznego sterowania szyb i często jest zasilane z tego samego przekaźnika. Stosowane do otwierania dachu silniki prądu stałego, z możliwością obrotu w prawo i w lewo, są bardzo podobne do silników elektrycznego sterowania szyb. Przy elektrycznym otwieraniu dachu prawie zawsze jest konieczne dodatkowe sterowanie za pomocą czujnika położenia, którym jest albo mikrowyłącznik albo czujnik Halla (czujniki położenia są także stosowane w niektórych układach elektrycznego sterowania szyb). Konstrukcja otwieranego dachu zwykle nie pozwala na pracę silnika mimo osiągnięcia krańcowego położenia.



Rys. 18.38
Konstrukcja rozsuwanego dachu z silnikiem napędowym

Na rysunku 18.38 przedstawiono usytuowanie silnika napędowego i przesuwanie kołem zębatym cięgieł do otwierania dachu.

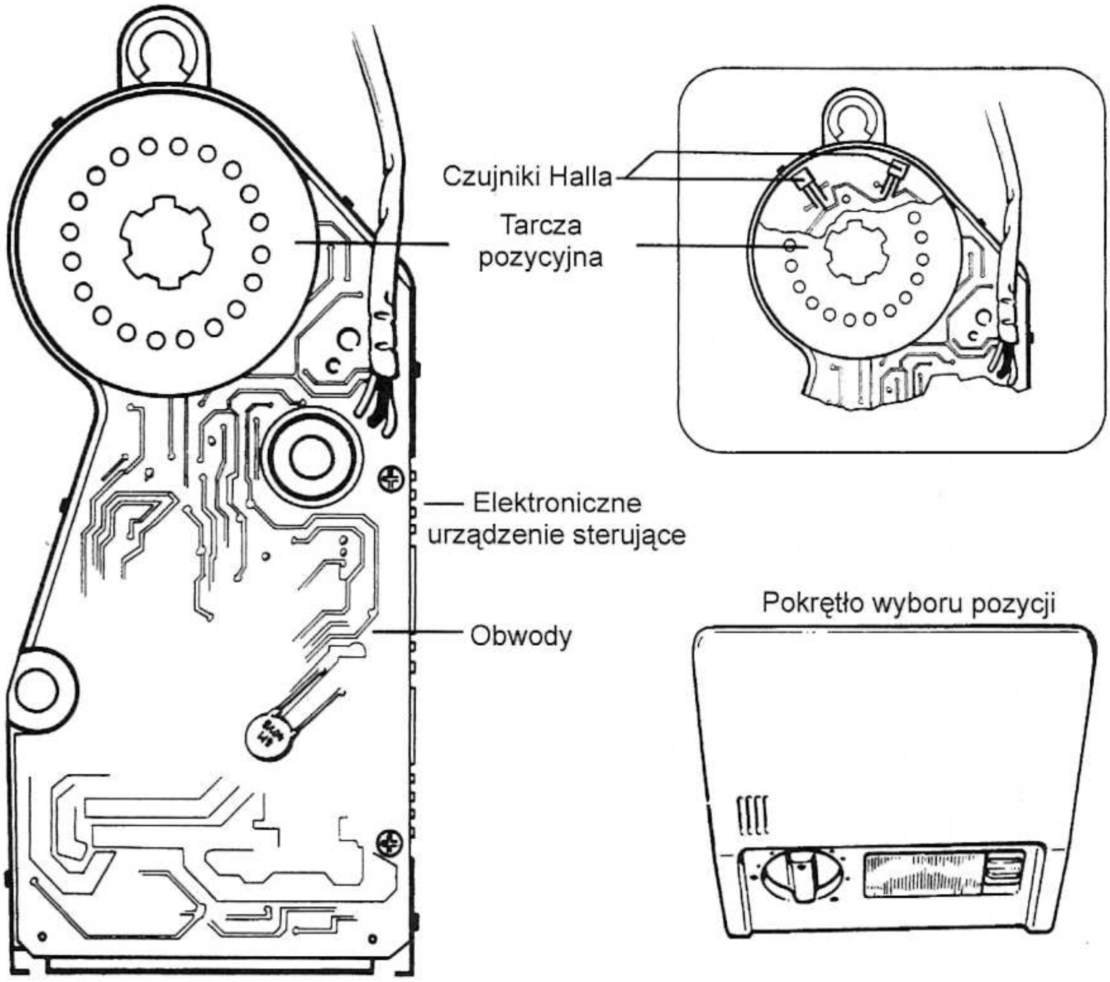
Na rysunku 18.39 pokazano silnik napędowy otwierania dachu z trzema mikrowyłącznikami w pozycji zerowej, czyli w pozycji „dach zamknięty". Zależnie od producenta i konstrukcji dachu bywają silniki z dwoma mikrowyłącznikami, a nawet tylko z jednym. Ewentualna wymiana silnika musi być wykonana zawsze w położeniu zerowym. W tym celu trzeba zamknąć dach i ustawić silnik przed zamontowaniem także w położeniu zerowym (wyłącznik sterujący dachem również ustawić w krańcowym położeniu, jeżeli takie jest oznaczone).



Rys. 18.39
Zespół napędowy w położeniu zerowym z trzema mikrowyłącznikami

Zamiast mikrowyłączników w silniku mogą być wmontowane czujniki Halla, informujące urządzenie sterujące o położeniu otwieranego dachu. Jak pokazano na rysunku 18.40 urządzenie sterujące, silnik i czujnik Halla mogą stanowić jeden zespół. Każdy otwór w obracającej się magnetycznej tarczy pozycyjnej wzbudza impuls czujnika Halla. W ten sposób za pomocą sygnałów z dwóch czujników Halla urządzenie sterujące rozpoznaje dokładne położenie otwieranego dachu. Taki sposób informowania urządzenia sterującego o położeniu umożliwia ustawienie dachu w dowolnej pozycji, którą użytkownik wybiera za pomocą pokrętła potencjometru.

Ze względów bezpieczeństwa układ elektrycznego sterowania dachu z możliwością automatycznego ustawienia dachu w wybranym położeniu musi mieć samoczynne zabezpieczenie przed zaciśnięciem. Zwiększony opór w trakcie zamykania dachu jest rozpoznawany przez urządzenie sterujące na podstawie zwiększonego

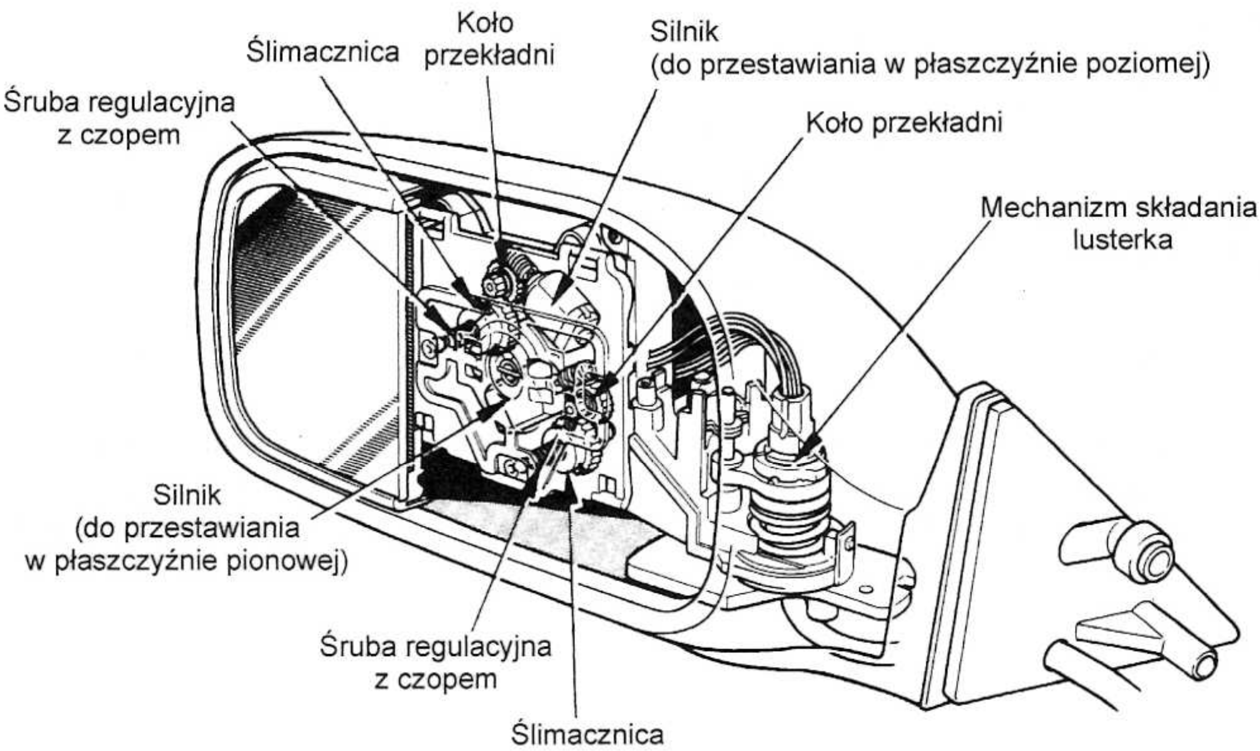


Rys. 18.40
Zespół silnika rozsuwanego dachu z urządzeniem sterującym i czujnikami Halla

poboru prądu albo za pośrednictwem listew stykowych. Wówczas zmienia się na krótko kierunek prądu, w wyniku czego silnik się obraca w przeciwnym kierunku. Funkcja zabezpieczenia przed zaciśnięciem może być wyłączona przez dłuższe przytrzymanie albo przez wielokrotne wciskanie przycisku sterującego. Umożliwia to przezwyciężenie szczególnie dużych oporów mechanizmu dachu (porównaj opis sterowania szyb).

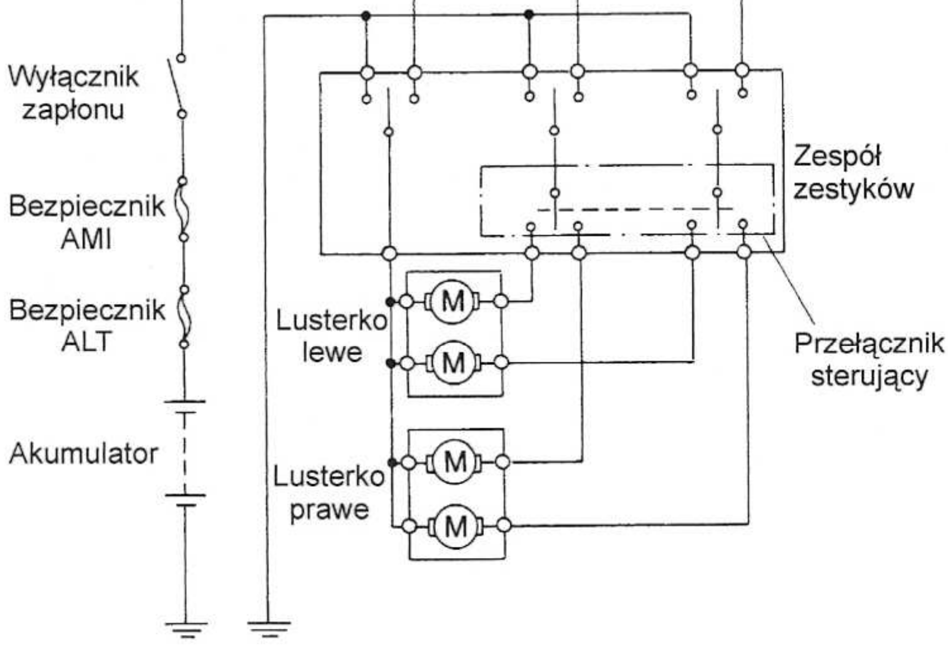
18.9. Elektryczne ustawianie lusterek zewnętrznych

Dokładne ręczne ustawienie do indywidualnej pozycji kierowcy lusterka zewnętrznego, szczególnie od strony pasażera, jest bardzo kłopotliwe, a niekiedy praktycznie niewykonalne bez pomocy drugiej osoby. Dlatego też wiele współczesnych samochodów wyposaża się w elektryczne sterowanie bocznych lusterek. Szkło lusterka może być przestawiane za pomocą dwóch małych silników elektrycznych prądu stałego z możliwością obrotów w prawo i w lewo, zależnie od kierunku przepływu prądu. Ruch obrotowy silników jest przetwarzany w ruchy kątowe (w płaszczyznach pionowej i poziomej) zwierciadła lusterka za pośrednictwem ślimacznicy i śruby regulacyjnej (rys. 18.41).



Rys. 18.41
Budowa elektrycznie przestawianego lusterka zewnętrznego

Silniki elektryczne są zasilane z przełącznika prądem o odpowiednim kierunku przepływu. Na rysunku 18.42 przedstawiono schemat elektryczny przełącznika i zestyków oraz obwody poszczególnych silników. Za pomocą przełącznika sterującego są przestawiane zwierciadła obu lusterek zewnętrznych. W środkowym położeniu przełącznik jest wyłączony. Po uruchomieniu zestyków obracających lusterko w płaszczyźnie pionowej albo poziomej (górny, prawy i środkowy) jest jednocześnie przestawiany w przeciwne położenie lewy górny zestyk.

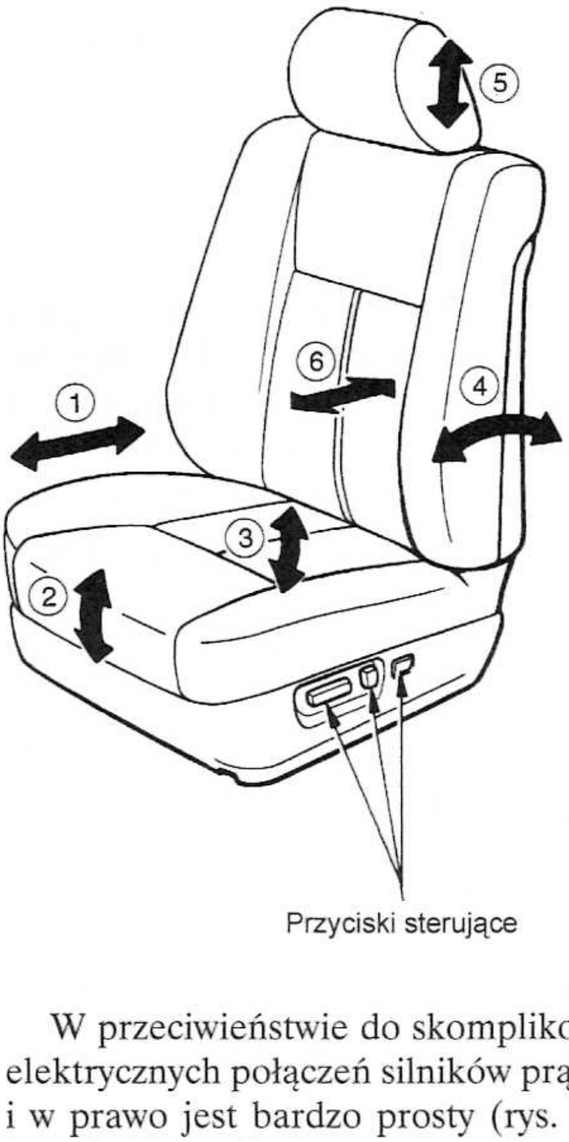


Rys. 18.42
Schemat układu elektrycznego ustawiania lusterek zewnętrznych

W razie unieruchomienia układu elektrycznego ustawiania lusterek zewnętrznych mogą one być przestawiane ręcznie. Użycie przy tym zbyt dużej siły fizycznej może spowodować uszkodzenie dość delikatnego mechanizmu i konieczność wymiany kompletnego lusterka.

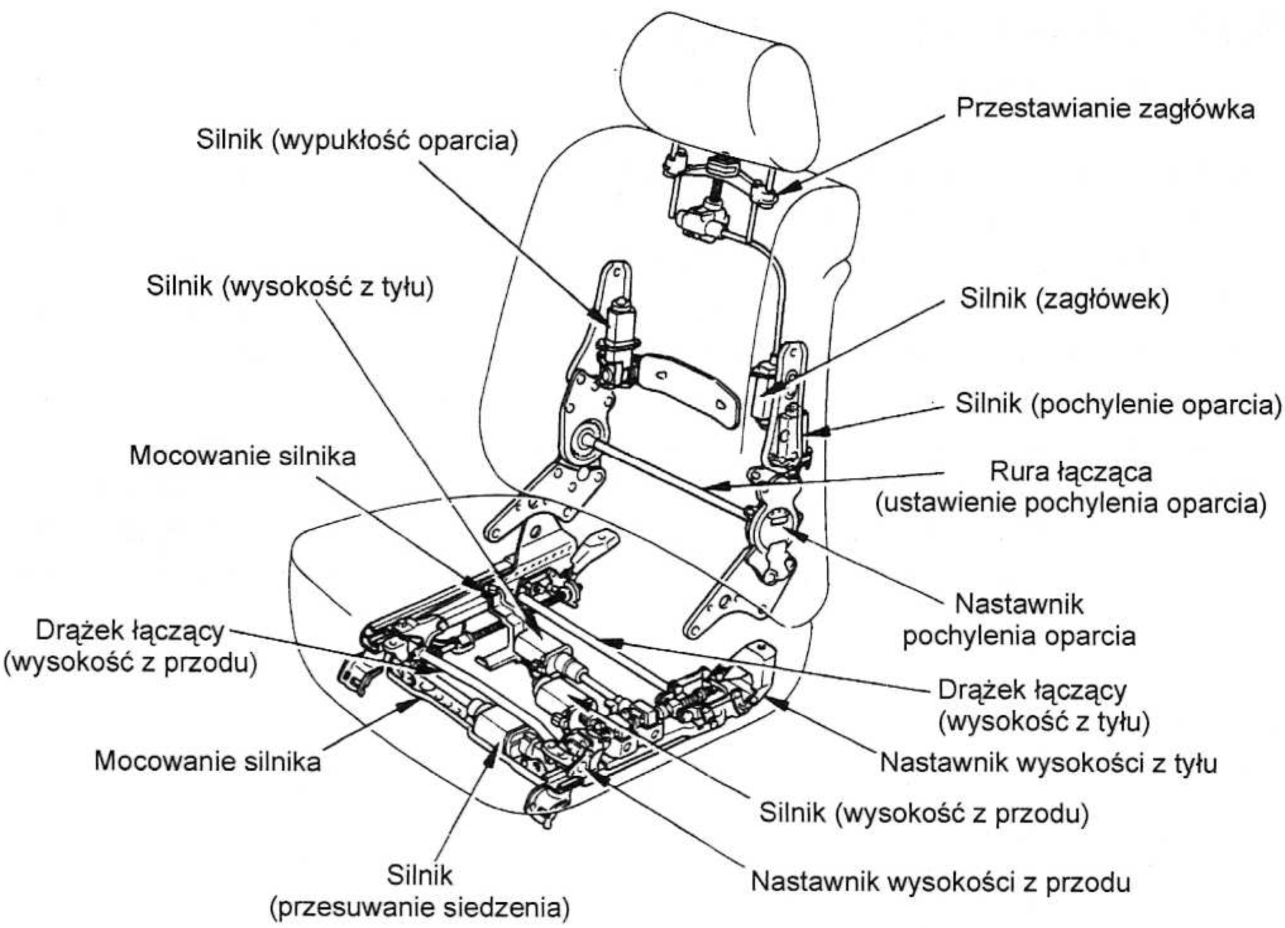
18.10. Elektryczna regulacja siedzenia

Wyrazem dużego komfortu, który jak na razie spotykamy głównie w samochodach wyższej klasy cenowej, jest elektryczna regulacja siedzenia kierowcy i częściowo siedzenia pasażera. Technicznie możliwe jest także elektryczne regulowanie siedzeń z tyłu samochodu. Na rysunku 18.43 pokazano różne możliwości elektrycznego regulowania siedzenia, które wykraczają poza granice mechanicznej regulacji.

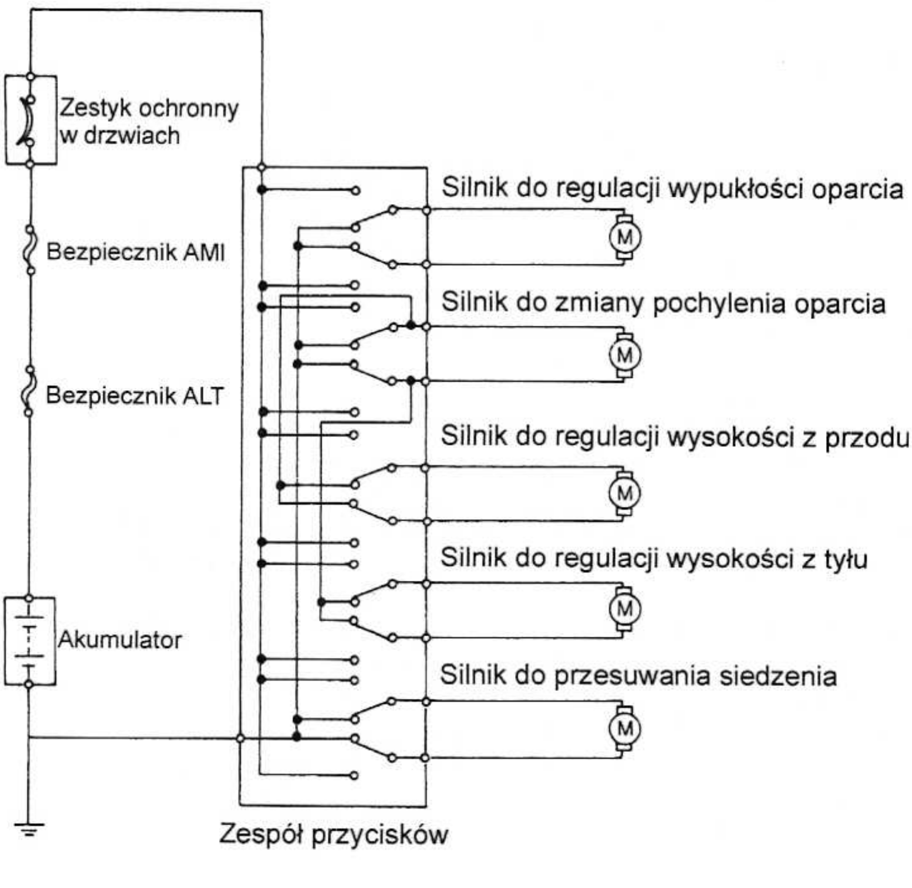


Rys. 18.43
Możliwości elektrycznej regulacji siedzenia i położenie przycisków sterujących
1 – przesuwanie siedzenia w kierunku wzdłużnym, 2 – zmiana wysokości z przodu, 3 – zmiana wysokości z tyłu, 4 – ustawienie pochylenia oparcia, 5 – zmiana wysokości zagłówka, 6 – regulacja wypukłości oparcia w części lędźwiowej

W przeciwieństwie do skomplikowanej konstrukcji siedzenia (rys. 18.44) układ elektrycznych połączeń silników prądu stałego, z możliwością obracania się w lewo i w prawo jest bardzo prosty (rys. 18.45). W położeniu spoczynkowym przyciski sterujące są połączone z masą. Po naciśnięciu przycisku zamyka się obwód z bieguna dodatniego akumulatora. Silnik elektryczny zostaje zasilony prądem o określonym kierunku przepływu i zaczyna się obracać. Ze względów bezpieczeństwa po wyłączeniu zapłonu i zamknięciu drzwi kierowcy zostaje przerwany dopływ prądu do przycisków sterujących.



Rys. 18.44
Konstrukcja siedzenia i umieszczenie silników nastawczych



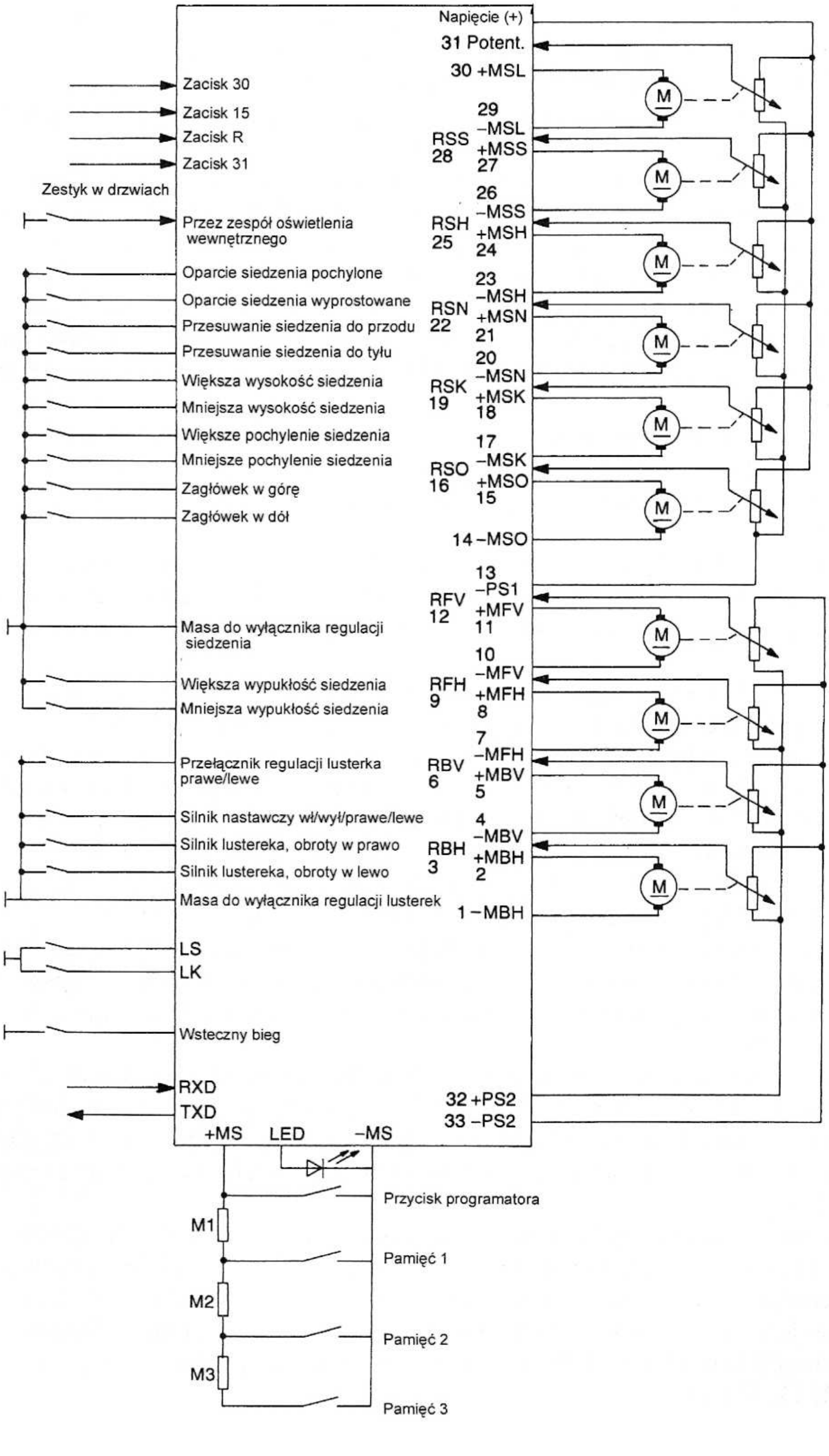
Rys. 18.45
Schemat ideowy elektrycznej regulacji siedzenia

18.11. Elektryczna regulacja siedzenia i lusterek z pamięcią ustawienia

W samochodach użytkowanych przez wielu kierowców jest przydatne zapamiętywanie pozycji siedzenia i ustawienia lusterka zewnętrznego każdego z użytkowników i wywoływanie z pamięci tych ustawień. Unika się w ten sposób każdorazowego, żmudnego ustawiania optymalnej pozycji siedzenia i lusterka. Dzięki łatwemu wywołaniu z pamięci poprzednio tak starannie ustawionych pozycji siedzenia i lusterka zwiększa się także własne bezpieczeństwo podczas jazdy.

W celu zapamiętania ustawienia siedzenia kierowcy i lusterek zewnętrznych na każdym silniku nastawczym są zamontowane czujniki położenia. Przeważnie są to potencjometry, rzadziej czujniki Halla, połączone z urządzeniem sterującym. Silniki są sterowane również przez urządzenie sterujące, do którego wpływają infor-

Rys. 18.46
Schemat układu regulacji siedzenia i lusterek zewnętrznych z możliwością zapisywania ustawień w pamięci.
Prawa strona rysunku:
Sygnały napięcia (+) lub masy (–) do potencjometrów (R) i silników nastawczych (M)
31 – potencjometr (R) oparcia siedzenia (SL)
30 – (+MSL) zasilanie napięciem (+) silnika (M) oparcia siedzenia (SL)
29 – (–MSL) sygnał masowy (–) do silnika oparcia siedzenia (SL)
28 – (RSS) – potencjometr (R) prowadnicy przesuwu siedzenia (SS)
27 – (+MSS) zasilane napięciem (+) silnika (M) przesuwu siedzenia (SS)
26 – (–MSS) sygnał masowy (–) do silnika (M) przesuwu siedzenia (SS)
25 – (RSH) potencjometr (R) położenia wysokości siedzenia (SH)
24 – (+MSH) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji wysokości siedzenia (SH)
23 – (–MSH) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji wysokości siedzenia (SH)
22 – (RSN) potencjometr (R) pochylenia oparcia (SN)
21 – (+MSN) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji pochylenia oparcia (SN)
20 – (–MSN) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji pochylenia oparcia (SN)
19 – (RSK) potencjometr (R) położenia zagłówka (SK)
18 – (+MSK) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji położenia zagłówka (SK)
17 – (–MSK) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji położenia zagłówka (SK)
16 – (RSO) potencjometr (R) wypukłości oparcia (SO)
15 – (+MSO) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji wypukłości oparcia (SO)
14 – (–MSO) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji wypukłości oparcia (SO)
13 – (–PS1) połączone z masą potencjometrów w siedzeniu
12 – (RFV) potencjometr w lusterku kierowcy (FV), ustawianie w pionie
11 – (+MFV) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji pionowej lusterka kierowcy (FV)
10 – (–MFV) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji pionowej lusterka kierowcy (FV)
9 – (RFH) potencjometr w lusterku kierowcy, ustawianie w poziomie (FH)
8 – (+MFH) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji poziomej lusterka kierowcy (FH)
7 – (–MFH) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji poziomej lusterka kierowcy (FH)
6 – (RBV) potencjometr w lusterku pasażera, ustawianie w pionie (BV)
5 – (+MBV) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji pionowej lusterka pasażera (BV)
4 – (–MBV) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji pionowej lusterka pasażera (BV)
3 – (RBH) potencjometr w lusterku pasażera, ustawianie w poziomie (BH)
2 – (+MBH) zasilanie napięciem (+) silnika (M) regulacji poziomej lusterka pasażera (BH)
1 – (–MBH) sygnał masowy (–) do silnika (M) regulacji poziomej lusterka pasażera (BH)
32 – (+PS2) zasilanie elektryczne (+) potencjometrów lusterek
33 – (–PS2) połączenie z masą (–) potencjometrów lusterek


Napięcie (+)
31 Potent.
30 +MSL
Zacisk 30
Zacisk 15
Zacisk R
Zacisk 31
29 -MSL
RSS 28
+MSS 27
Zestyk w drzwiach
Przez zespół oświetlenia wewnętrznego
26 -MSS
RSH 25
+MSH 24
Oparcie siedzenia pochylone
23 -MSH
Oparcie siedzenia wyprostowane
RSN 22
+MSN 21
Przesuwanie siedzenia do przodu
Przesuwanie siedzenia do tyłu
20 -MSN
Większa wysokość siedzenia
RSK 19
+MSK 18
Mniejsza wysokość siedzenia
Większe pochylenie siedzenia
17 -MSK
Mniejsze pochylenie siedzenia
RSO 16
+MSO 15
Zagłówek w górę
Zagłówek w dół
14 -MSO
13 -PS1
RFV 12
+MFV 11
Masa do wyłącznika regulacji siedzenia
10 -MFV
Większa wypukłość siedzenia
RFH 9
+MFH 8
Mniejsza wypukłość siedzenia
7 -MFH
Przełącznik regulacji lusterka prawe/lewe
RBV 6
+MBV 5
Silnik nastawczy wł/wył/prawe/lewe
4 -MBV
Silnik lustereka, obroty w prawo
RBH 3
+MBH 2
Silnik lustereka, obroty w lewo
Masa do wyłącznika regulacji lusterek
1 -MBH
M
LS
LK
Wsteczny bieg
RXD
TXD
32 +PS2
33 -PS2
+MS
LED
-MS
Przycisk programatora
M1
Pamięć 1
M2
Pamięć 2
M3
Pamięć 3

macje z przełączników, służących do przestawiania siedzenia i lusterek zewnętrznych oraz z przycisków zapamiętywania ustawień. Zależnie od producenta jest możliwe zapamiętanie do 4 ustawień siedzenia i lusterek.

Na rysunku 18.46 zestawiono wszystkie sygnały wejściowe i wyjściowe w urządzeniu sterującym. Podczas używania przełączników do ustawiania siedzenia i lusterek są z nich wysyłane sygnały masy do urządzenia sterującego. Do zacisków 30 i 31 jest doprowadzone zasilanie elektryczne. Ważne są także dla obsługi układu wejścia z zacisków 15, R i zestyku w drzwiach. Przy włączonym zapłonie i zamkniętych drzwiach kierowcy, ze względów bezpieczeństwa, nie jest możliwe wywołanie zapisanych w pamięci ustawień. Nie jest to również możliwe przy wyłączonym zapłonie i zamkniętych drzwiach kierowcy. Tylko w położeniu R są możliwe wszystkie czynności obsługowe niezależnie od tego, czy drzwi kierowcy są otwarte czy zamknięte.

Przełącznik do ustawiania oparcia i zestyk w oparciu (w samochodach coupé) uniemożliwiają regulację siedzenia zarówno za pomocą przycisków obsługowych, jak też przez wywołanie ustawienia z pamięci, jeżeli oparcie siedzenia jest złożone do przodu.

Na podstawie sygnału o włączeniu wstecznego biegu lusterko zewnętrzne od strony pasażera, niezależnie od położenia przełącznika do jego regulacji, automatycznie się obniża, umożliwiając obserwowanie krawężnika podczas parkowania.

W opisywanym układzie urządzenie sterujące ma możliwość samodiagnozowania przez wejście RxD i wyjście TxD. Za pomocą widocznych na dole rysunku 18.46 przełączników są zapisywane i wywoływane z pamięci ustawienia siedzenia i lusterek zewnętrznych. W celu zapisania aktualnych ustawień należy najpierw wcisnąć przycisk programatora, a następnie przycisk zapisu do pamięci. Dla wywołania ustawienia z pamięci komputera wystarczy użycie przycisku pamięci. Kiedy aktualne ustawienie siedzenia i lusterek nie pokrywa się z ustawieniem zapisanym i wywołanym z pamięci, wtedy urządzenie sterujące zasila prądem odpowiednie silniki nastawcze tak długo, aż wartości zaprogramowane pokryją się z wartościami rzeczywistymi. Na podstawie spadku napięcia na poszczególnych rezystorach urządzenie sterujące rozpoznaje, który przycisk programatora został użyty.

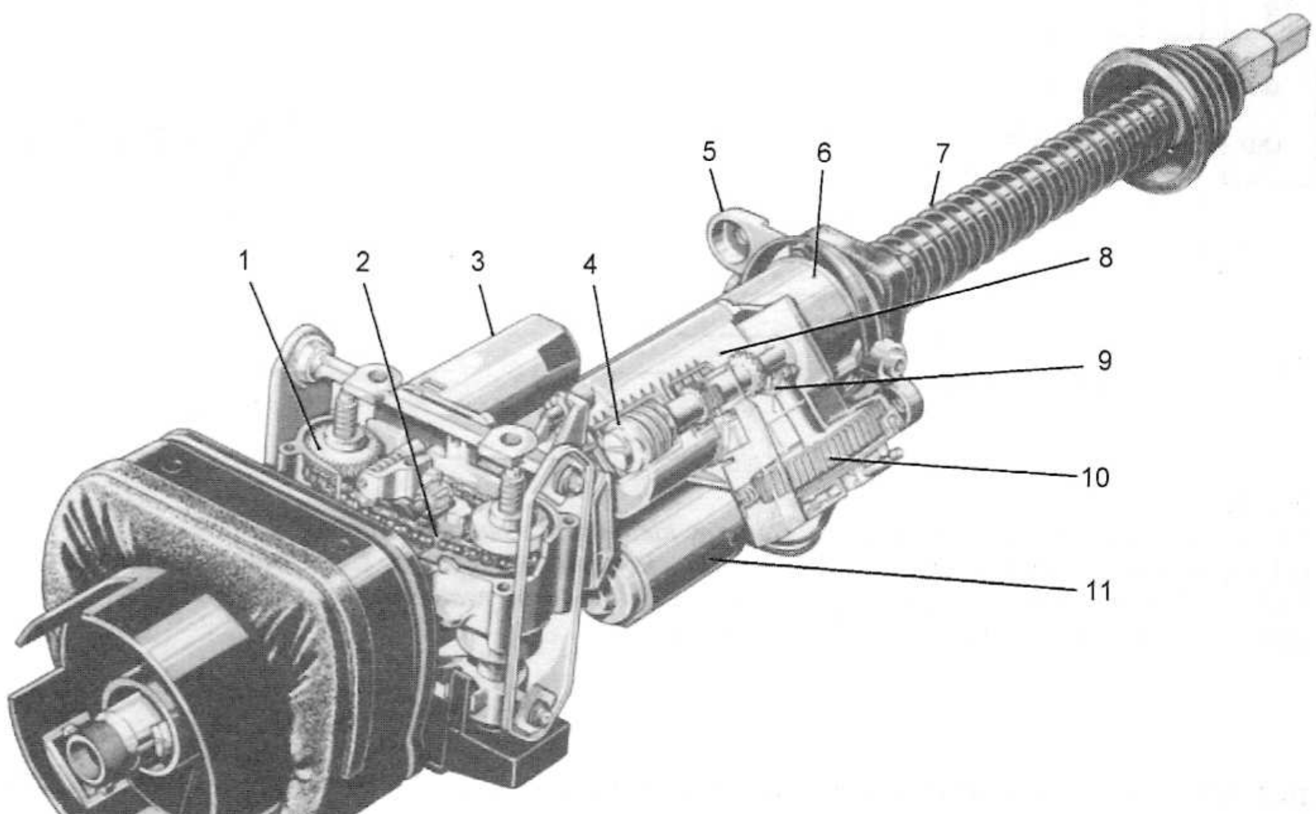
Wyższym stopniem rozwoju opisanego tu układu regulacji jest połączenie go ze zdalną obsługą. W nadajniku zdalnej obsługi są wtedy zaprogramowane kody ustawień siedzenia i lusterek zewnętrznych. Po otwarciu drzwi samochodu za pomocą pilota siedzenie i lusterka zewnętrzne przyjmują automatycznie zapisane w pamięci ustawienia.

Kontrolę układu regulacji siedzenia i lusterek zewnętrznych z możliwością zapisu ustawień w pamięci przejmuje urządzenie sterujące z funkcją samodiagnozy. Nadzoruje ono procesy regulacji, każdy potencjometr i każdy silnik nastawczy. Nawet jeżeli nie zarejestrowano żadnych kodów usterek w pamięci diagnostycznej za pomocą pomiaru napięcia należy sprawdzić najważniejsze wejścia, czyli zaciski R, 15, 30 i 31.

18.12. Elektryczna regulacja położenia kolumny kierownicy

Regulacja położenia kolumny kierownicy umożliwia kierowcy optymalne dopasowanie ustawienia koła kierownicy do indywidualnych potrzeb. Regulowany może być zarówno kąt pochylenia kolumny kierownicy, jak też jej położenie wzdłużne.

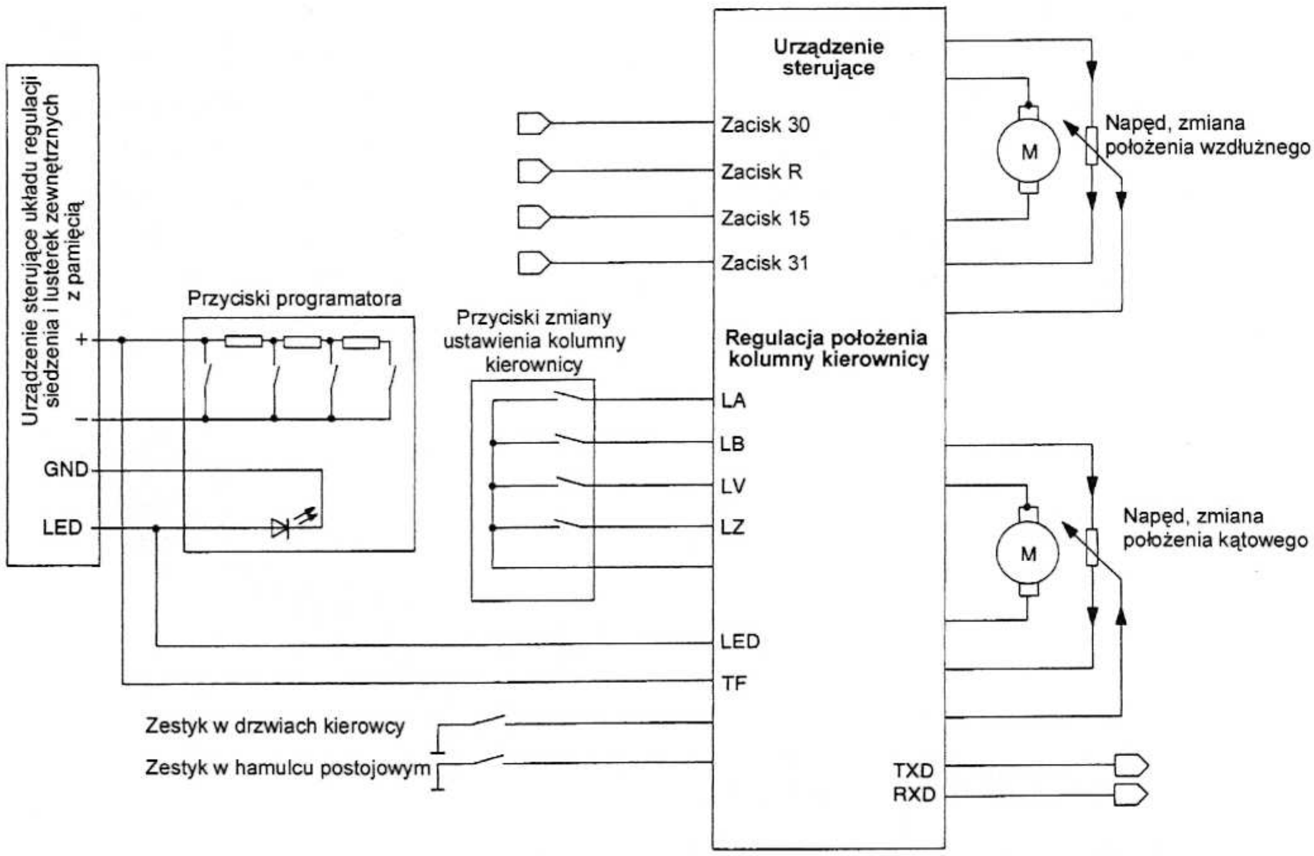
Najwygodniejszym rozwiązaniem jest regulowanie położenia kolumny kierownicy za pomocą elektrycznych silników nastawczych uruchamianych przez urządzenie sterujące, zapamiętujące także optymalne ustawienia. Obok elektrycznej regulacji siedzenia i lusterek zewnętrznych, regulacja kolumny kierownicy jest kolejnym układem komfortu jazdy. Umożliwia ona swobodne wsiadanie i wysiadanie z samochodu dzięki podniesieniu do góry i wsunięciu w głąb koła kierownicy. Położenie kolumny kierownicy jest regulowane za pomocą dwóch silników nastawczych prądu stałego o odpowiednim przełożeniu, obracających się w prawo i w lewo. Jeden z nich służy do regulacji wzdłużnej, a drugi do regulacji kąta pochylenia kolumny (rys. 18.47). Sterowanie silnikami za pomocą przełączników, zmieniających kierunek przepływu prądu w silnikach odbywa się tak, jak w opisanym wyżej układzie regulacji siedzenia i lusterek.



Rys. 18.47
Elektryczna regulacja położenia kolumny kierownicy
1 – ślimacznica, 2 – łańcuch rolkowy, 3 – silnik do regulacji wysokości, 4 – ślimak, 5 – uchwyt mocujący przedni, 6 – zewnętrzna rura osłonowa, 7 – rura falista, 8 – wewnętrzna rura osłonowa, 9 – przekładnia stożkowa, 10 – ślimacznica, 11 – silnik do regulacji wzdłużnej

Na rysunku 18.48 pokazano schemat elektryczny układu regulacji położenia kolumny kierownicy, mającego własne urządzenia sterujące z możliwością zapamiętywania wybranych pozycji. Producenci starają się łączyć w jeden układ elektryczną regulację położenia siedzenia i lusterek zewnętrznych oraz elektryczną regulację położenia kolumny kierownicy.

Przez wejścia na zaciskach 30, 31, 15 i R jest doprowadzone zasilanie elektryczne, a ich rola jest taka sama jak w układzie elektrycznej regulacji położenia siedzenia i lusterek zewnętrznych. Sygnał masy z przełącznika regulacji powoduje włączenie przez urządzenie sterujące odpowiedniego silnika nastawczego. Na



Rys. 18.48
Schemat elektrycznej regulacji położenia kolumny kierownicy z pamięcią ustawień
LA – kolumna w górę, LB – kolumna w dół, LV – kolumna wyciągnięta, LZ – kolumna wsunięta, LED – dioda świecąca, TF – przyciski sterujące, (MS+) – zapisywanie w pamięci, (MS–) – wywoływanie z pamięci, GND – masa (grond)

potrzeby funkcji zapamiętywania ustawień istnieje połączenie z przyciskiem programatora układu regulacji położenia siedzenia i lusterek zewnętrznych. Użycie przycisku programatora urządzenie sterujące rozpoznaje na podstawie sygnału napięcia.

Sygnał masy z zestyku w drzwiach i z wyłącznika hamulca postojowego uruchamia automatyczną funkcję ułatwiania wsiadania i wysiadania z samochodu. W tym celu silniki nastawcze powodują przesunięcie koła kierownicy jednocześnie do

góry i w stronę tablicy rozdzielczej. U niektórych producentów funkcja ta może być uruchamiana tylko z zacisku 15 wyłącznika zapłonu (stacyjki), albo przez oddzielny zestyk w stacyjce, który jest uruchamiany podczas wkładania i wyjmowania kluczyka.

Układy z możliwością samodiagnozy muszą mieć dodatkowe wejścia i wyjścia diagnostyczne.

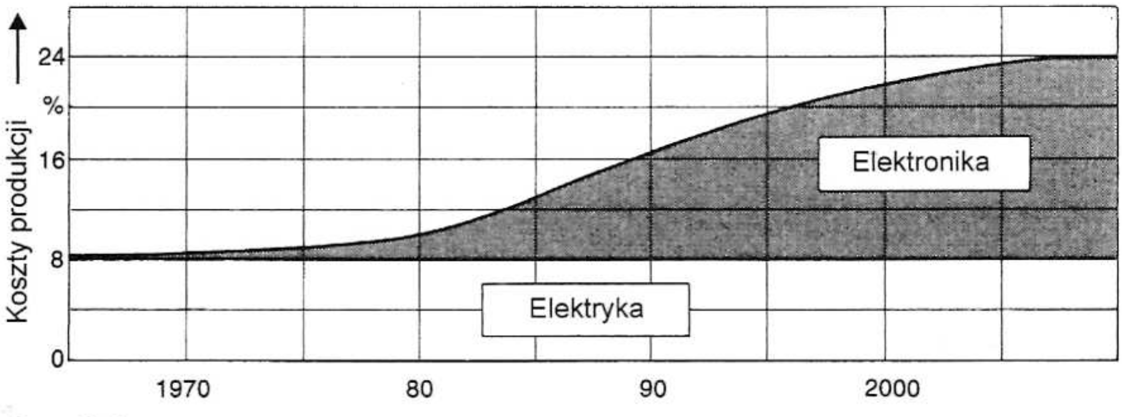
Za pomocą sygnałów wyjściowych urządzenie sterujące steruje silnikami nastawczymi i zasila potencjometry w przyciskach regulacyjnych. Położenie kolumny kierownicy jest rozpoznawane przez urządzenie sterujące za pośrednictwem zestyków ślizgowych na podstawie spadku napięcia.

19. Sieć połączeń

19.1. Definicja problemu

Zastosowanie coraz większej liczby elektronicznych układów w samochodzie (rys. 19.1) umożliwia poprawę bezpieczeństwa, zwiększa moc silnika, poprawia komfort jazdy i zmniejsza koszty eksploatacji.

Na początku zastosowań elektroniki każdy układ był samodzielny, niezależny od innych układów (autarkia) i mający jedno, ściśle zdefiniowane zadanie, np. uruchamianie zapłonu w bezstykowym układzie zapłonowym. Postęp w elektronice umożliwił jednoczesne korzystanie z tych samych informacji przez różne układy albo udostępnianie określonych informacji innemu układowi, np. sygnału td (prędkość obrotowa silnika) z układu zapłonu do układu wtryskowego L-Jetronic.



Rys. 19.1
Wzrost udziału elektroniki w samochodzie

Następnym krokiem było umożliwienie oddziaływania jednego układu na inny; np. zmiana kąta wyprzedzenia zapłonu przez układ Motronic podczas regulacji przeciwpoślizgowej kół napędowych albo uniemożliwienie zmiany biegu w automatycznej skrzynce przekładniowej podczas regulacji przeciwpoślizgowej.

Konieczność połączenia układów w sieć, ich wzajemnego wpływania na siebie i przetwarzania informacji dotyczy także układów centralnego blokowania drzwi, zabezpieczenia przed kradzieżą (instalacja alarmowa), zdalnej obsługi i wielu innych. Spowodowało to ogromną liczbę przewodów łączących poszczególne układy.

W samochodzie wyższej klasy z pełnym wyposażeniem może być zamontowanych do 67 różnego rodzaju urządzeń sterujących z setkami elementów współpracujących, jak zestyki, wyłączniki, czujniki, silniki elektryczne itp. Do ich odpowiedniego połączenia potrzebne są przewody o łącznej długości ponad 3 km, w samochodzie o długości około 5 m (czyli 600-krotna długość samochodu). Wszelkiego rodzaju wtyki i złącza mają łącznie około 3000 styków. W samych tylko drzwiach kierowcy biegnie do 50 różnych przewodów do mikrowyłączników, silnika (silników) centralnego zamka, silnika zamykania i otwierania okna oraz jego przycisków sterujących, przycisków sterujących otwieraniem pozostałych okien, przestawianiem obu lusterek zewnętrznych, ogrzewaniem lusterek i zamka w drzwiach, wyłącznika instalacji alarmowej itd.

Dalszy poważny problem coraz większej „elektronizacji" samochodu to znalezienie odpowiedniego miejsca dla dziesiątków urządzeń sterujących w tym wrogim dla nich środowisku, gdzie mogą być narażone na wilgoć, ekstremalne zmiany temperatury, drgania, wstrząsy i uderzenia. W żadnym przypadku nie może się to odbywać kosztem miejsca i komfortu jazdy pasażerów. Należy ponadto zwrócić uwagę zarówno na promieniowanie ze strony układów elektronicznych, jak też ich podatność na promieniowanie z obcych źródeł. Nie bez znaczenia są także rosnące w wyniku elektronizacji koszty produkcji i przyrost masy samochodu. Układy muszą pracować niezawodnie, a pojawiające się usterki powinny być łatwe do zdiagnozowania i usunięcia.

Na rysunku 19.2 przedstawiono procentowo udział poszczególnych komponentów układów elektronicznych w awariach układów elektrycznych i elektronicznych.



Rys. 19.2
Udział różnych elementów w awariach układów elektrycznych i elektronicznych samochodu

Cała elektronika i elektryka jest przyczyną zaledwie 1% wszystkich usterek powstających w samochodzie.

Ponad 50-procentowy udział wiązek przewodów w awariach wskazuje jednoznacznie na najsłabszy punkt układów elektroniczno-elektrycznych. Usterki przewodów są ponadto trudne do zdiagnozowania i usunięcia, gdyż często dają o sobie znać tylko w szczególnych okolicznościach (temperatura, drgania itp). Fakt ten

wyznacza dwa główne kierunki rozwoju i zastosowania układów elektronicznych, które przynajmniej zachowają, a nawet zwiększą, swoje dotychczasowe funkcje:

- miniaturyzacja, na co pozwala rozwój technologii półprzewodnikowych, oraz łączenie ze sobą urządzeń sterujących,
- zmniejszenie ilości wzajemnych połączeń za pomocą przewodów elektrycznych.

19.2. Budowa modułowa

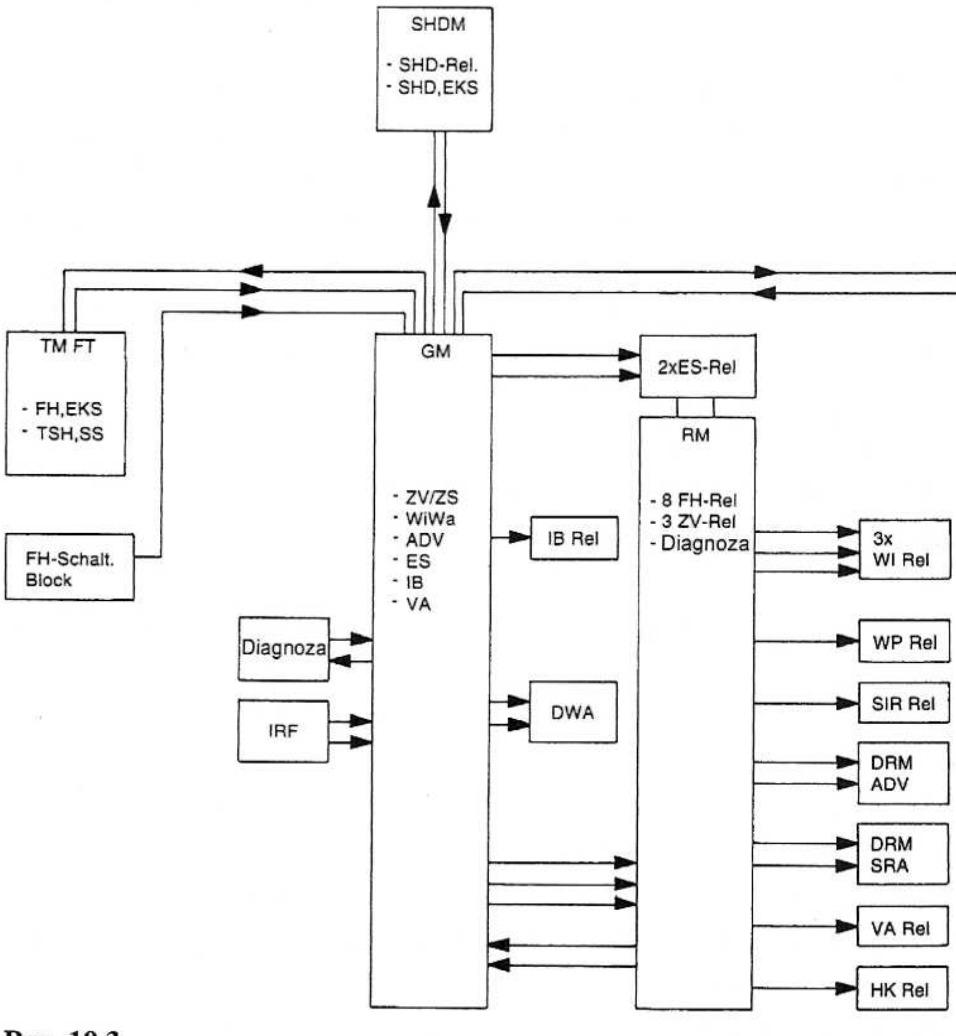
W ramach pierwszego kroku następuje łączenie w jedną, większą jednostkę układów realizujących pokrewne zadania i korzystających częściowo z tych samych informacji wejściowych. W pierwszej kolejności są łączone ze sobą elektroniczne układy komfortu jazdy, jak na przykład sterowanie wycieraczek szyb i reflektorów, obejmujące funkcje intensywnego czyszczenia szyb i zmiennego docisku wycieraczek, oświetlenia wnętrza pojazdu, ogrzewania zamka w drzwiach; centralnego blokowania drzwi z instalacją alarmową; sterowania szyb i otwieranego dachu oraz odłączania odbiorników i obciążenia. W pakiecie tym jest także zabezpieczenie zasilania elektrycznego. Taki kompletny system jest zdolny do samodiagnozy.

W wyniku łączenia układów jest możliwe stworzenie dodatkowych, funkcji. Na przykład kierowca może zaprogramować czas przerwy podczas pracy wycieraczek, który będzie się zmieniał w zależności od prędkości jazdy; wraz z prędkością zmienia się też siła nacisku ramion wycieraczek podczas cyklu pracy „spryskiwanie i wycieranie". Inna funkcja to niewielkie opuszczanie się szyb bocznych (w oknach bez ramek) przy otwieraniu drzwi i ponowne wsuwanie się w szczeliny w nadwoziu po zamknięciu drzwi. Dalszy przykład to automatyczne zamykanie okien i dachu po włożeniu kluczyka do zamka w drzwiach albo po użyciu pilota do zdalnego blokowania drzwi.

Taki kompletny system nie miałby jednak sensu, gdyby wszystkie przewody od czujników i nastawników zbiegały się wyłącznie w dużym, centralnym urządzeniu sterującym. Dlatego oprócz centralnego urządzenia sterującego, w przemyślanych miejscach w samochodzie umieszczono wiele bloków funkcjonalnych. Kompletny system rozdzielono zatem na wiele logicznych elementów składowych (tzw. modułów), które ze sobą współdziałają. Tak zbudowany system przedstawiono na rysunku 19.3. „Modułem podstawowym" jest tutaj jednostka centralna, która steruje i nadzoruje wszystkie bloki funkcjonalne.

„Moduł przekaźnikowy" przejmuje funkcję zasilania prądem obciążenia wielu nastawników, np. silników centralnego blokowania drzwi, silników zamykania okien itd. „Moduł przekaźnikowy" jest tak zbudowany, aby w razie uszkodzenia jednego z przekaźników jego zadanie obsługi obwodu zasilania elektrycznego mógł przejąć sąsiedni przekaźnik. Obwody z większym prądem obciążenia nie są obsługiwane przez „moduł przekaźnikowy", lecz przez pojedyncze przekaźniki. Umieszczenie ich w jednym miejscu z pozostałymi przekaźnikami nie jest celowe. „Moduł przekaźnikowy" znajduje się w bezpośredniej bliskości „modułu podstawowego", co znakomicie skraca długość i zmniejsza ilość łączących je przewodów.

W poszczególnych drzwiach są umieszczone „moduły drzwiowe" co także skraca długość i zmniejsza liczbę przewodów. „Moduły drzwiowe" przetwarzają większość sygnałów wejściowych i wyjściowych, odnoszących się do drzwi. I tak np. do „modułu drzwiowego" wchodzą sygnały z mikrowyłączników w zamkach, sygnały o położeniu nastawników szyb itp. Niektóre funkcje, np. ogrzewanie zamka w drzwiach są włączane bezpośrednio przez „moduł drzwiowy". Dzięki temu nie trzeba prowadzić długich przewodów sygnałowych z mikrowyłączników do jednostki centralnej a następnie rozdzielać te sygnały do różnych obwodów. „Moduł drzwiowy", jak każde urządzenie sterujące, musi być jedynie zasilany (+) i mieć połączenie z masą.



Rys. 19.3
Modułowa budowa elektronicznych systemów nadwozia
SHDM – moduł rozsuwanego i podnoszonego dachu, SHD-Rel – przekaźnik rozsuwanego i podnoszonego dachu, SHD – dach rozsuwano-podnoszony, TMFT – moduł drzwiowy, drzwi kierowcy, FH – zamykanie okien, TSH – ogrzewanie zamka, SS – interfejs pomiędzy zespołami, GM – moduł podstawowy, ZV – centralny zamek, ZS – centralne zabezpieczenie, WiWa – sterowanie spryskiwania z czyszczeniem szyby, ADV – interfejs modułu zmiany siły docisku (wycieraczki), ES – zabezpieczenie zasilania elektrycznego, IB – cewka przekaźnika oświetlenia wewnętrznego, VA – odłączenie odbiorników, cewka przekaźnika, WP – pompa wodna, DWA – instalacja alarmowa ochrony przed kradzieżą, IRF – zdalna obsługa pilotem na podczerwień, RM – moduł przekaźników, Wi – cewka przekaźnika wycieraczek szyb, SIR – cewka przekaźnika intensywnego czyszczenia szyb, DRM – moduł przekaźników diagnostycznych, SRA – moduł układu czyszczenia szyb, HK – pokrywa bagażnika, TMBT – moduł drzwiowy, drzwi pasażera

Do wymiany sygnałów pomiędzy „modułem drzwiowym" i „modułem podstawowym" są potrzebne zaledwie dwa przewody. Przenoszenie sygnałów, czyli wzajemne komunikowanie się dwóch różnych modułów za pomocą tylko dwóch przewodów opisano w następnych punktach.

19.3. Systemy wymiany danych

19.3.1. Wprowadzenie

Duża liczba układów elektronicznych w samochodzie i wynikająca z tego ogromna liczba połączeń pomiędzy urządzeniami sterującymi i poszczególnymi elementami (porównaj punkt 19.1) wymusiła poszukiwanie nowych sposobów wymiany danych i wzajemnej komunikacji.

Metod komunikacji stosowanych w elektronicznym przetwarzaniu danych nie można jednak było bezpośrednio przenieść do przemysłu samochodowego z uwagi na inne wymagania i z powodu zbyt dużych kosztów. Postęp w mikroelektronice oraz intensywne prace rozwojowe u producentów samochodów i ich dostawców umożliwiły opracowanie odpowiednich sposobów wymiany danych wykorzystujących znane już technologie informatyczne. Obecnie w samochodach jest stosowanych wiele sposobów wymiany danych; a dalsze są przedmiotem prac rozwojowych.

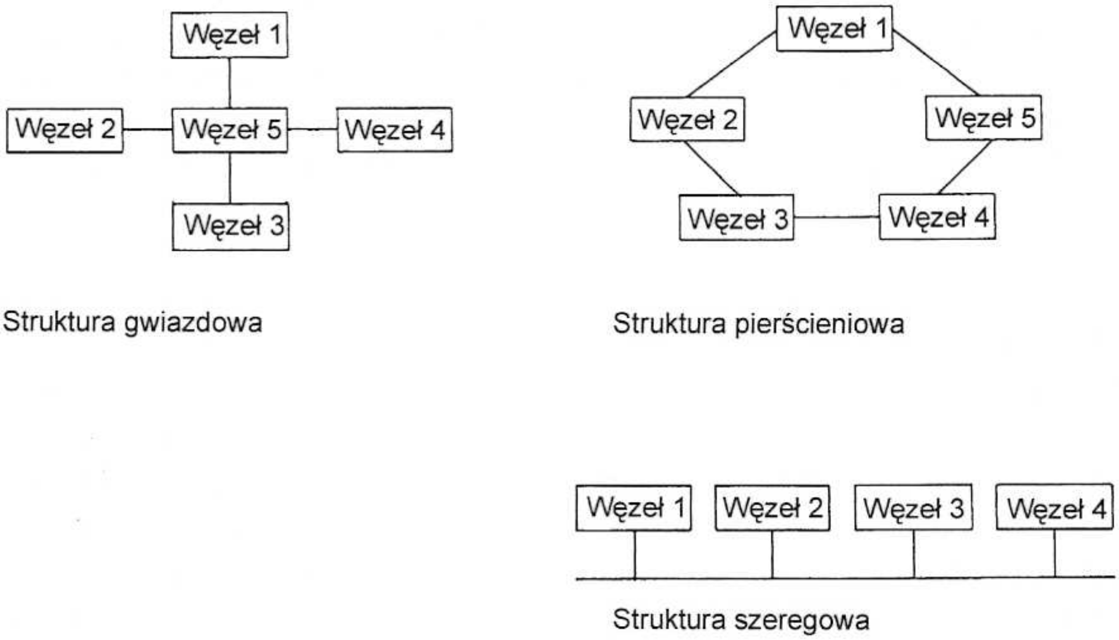
Połączenie układów elektronicznych w sieć za pomocą jednego lub kilku systemów wymiany danych przyniosło następujące korzyści:

- ❑ zmniejszenie rozmiarów i ilości przewodów i kabli, a tym samym:
  - zmniejszenie masy,
  - zwiększenie niezawodności układów dzięki mniejszej ilości punktów styku (np. lutów),
  - uproszczenie budowy układu, jego montażu i diagnozowania,
  - zmniejszenie kosztów produkcji;
- ❑ nowe możliwości łączenia układów dzięki:
  - lepszemu wykorzystaniu potencjalnych funkcji układów,
  - wzajemnemu powiązaniu strategii regulacji różnych układów,
  - wielokrotnemu wykorzystaniu czujników, a tym samym rezygnacji z niektórych z nich i ich wzajemnemu nadzorowi,
  - łatwiejszemu wprowadzaniu zmian; niekiedy jest to tylko wymiana oprogramowania, bez konieczności wymiany sprzętu (przewodów i urządzeń sterujących);
- ❑ poprawa zakresu diagnozowania przez:
  - wzajemne nadzorowanie się układów,
  - większą integrację układów,
  - rozpoznawanie błędów w przetwarzaniu danych;
- ❑ mniejsze zapotrzebowanie mocy obliczeniowej, gdyż nie ma już potrzeby przekształcania sygnałów analogowych na cyfrowe i z powrotem na analogowe. Transmisja danych następuje wyłącznie cyfrowo.

19.3.2. Metody wymiany danych

Nie tylko z powodu opracowania odmiennych rozwiązań przez różnych producentów, ale głównie z powodu innych wymagań pod adresem wymiany danych elektronicznych układów w samochodzie powstały różne metody transmisji danych. Wymagania w stosunku do wymiany danych różnią się pod względem ilości danych, szybkości transmisji, priorytetów określonych danych albo urządzeń sterujących, a także procedur podejmowanych w celu ochrony danych i rozpoznania błędu. Największe wymagania są stawiane wymianie danych pomiędzy urządzeniami sterującymi układu napędowego, najmniejsze wobec układów nadwozia i komfortu jazdy.

Systemy wymiany danych na ogół klasyfikuje się według struktury sieci transmisji danych i szybkości transmisji. Podstawowe rodzaje sieci transmisji danych podano na rysunku 19.4.



Rys. 19.4
Podstawowe rodzaje sieci transmisji danych

W strukturze gwiazdowej wielu uczestników jest połączonych w formie gwiazdy własnym przewodem z jednostką centralną. Typowym przykładem zastosowania struktury gwiazdowej jest połączenie modułów z urządzeniami sterującymi układów komfortu jazdy albo połączenia pomiędzy nastawnikami i urządzeniami sterującymi. Jednostką centralną (węzłem sieci) jest nadrzędne urządzenie sterujące, które koordynuje wszystkie podłączone do niego jednostki (porównaj punkt 19.2). W strukturze gwiazdowej jednostka centralna jest zwykle silnie obciążona. Nie stanowi to jednak problemu w układach komfortu jazdy (nadwozie), w których jest mniejsza ilość danych i występują mniejsze wymagania w zakresie bezpieczeństwa danych oraz szybkości transmisji. Uszkodzenie jednostki centralnej uniemożliwia wymianę danych.

Sieć pierścieniowa jest strukturą sieci transmisji danych, w której wszyscy użytkownicy są połączeni w okrąg. Informacja z nadajnika po okrążeniu całej sieci

powraca z powrotem do źródła. Sieć pierścieniowa jest wtedy stosowana, kiedy jest konieczne duże bezpieczeństwo danych i duża prędkość przekazu. Często są przy tym stosowane specjalne procedury uprawnień (zwane procedurami *token*) na poszczególnych stanowiskach do emisji danych. Pierścień *token* jest najszybszym i najdroższym systemem komunikacji i wymiany danych i jest na ogół stosowany do sprzęgania ze sobą jednostek o wielkiej mocy obliczeniowej. Nie są znane zastosowania struktur pierścieniowych w samochodach.

W strukturze liniowej, nazywanej również siecią transmisji szeregowej, wszystkie stanowiska są podłączone po kolei do jednego przewodu. W takiej strukturze sieci transmisji danych możliwa jest duża ilość węzłów (użytkowników). Odpowiednie oprogramowanie musi jednak zagwarantować, aby dwa lub więcej węzłów nie przekazywało jednocześnie informacji. W danej chwili może wysyłać informację tylko jeden węzeł sieci. Wysłaną do sieci informację mogą jednocześnie odebrać wszyscy użytkownicy. W następnym punkcie opisano konieczne oprogramowanie, przebieg komunikacji i procedury dostępu do sieci. Za pomocą sieci szeregowej transmisji danych są połączone ze sobą urządzenia sterujące układu przygotowania mieszanki, sterowania skrzynki przekładniowej i układów stabilizacji toru jazdy. Taka sieć jest także stosowana do połączenia układów bezpieczeństwa i komfortu jazdy.

Oprócz struktury sieci transmisji danych ważnym wyróżnikiem systemu wymiany danych jest także szybkość transmisji. Jednostką pomiarową jest ilość bitów przekazywanych w ciągu sekundy (bit jest skrótem od *binary digit*, czyli najmniejszej, zapisywanej w pamięci jednostki, która może mieć wartość 1 albo 0). Jednostką szybkości transmisji jest baud (skrót: bd, pojęcie z telekomunikacji, pochodzące od nazwiska Jeana BAUDOT, francuskiego inżyniera łączności, 1845–1903). Jeden baud odpowiada jednemu bitowi na sekundę. Szybkości transmisji różnych systemów wymiany danych stosowanych w samochodach wynoszą od 9600 (systemy małych prędkości) do 1 miliona bd (systemy dużych prędkości przekazu).

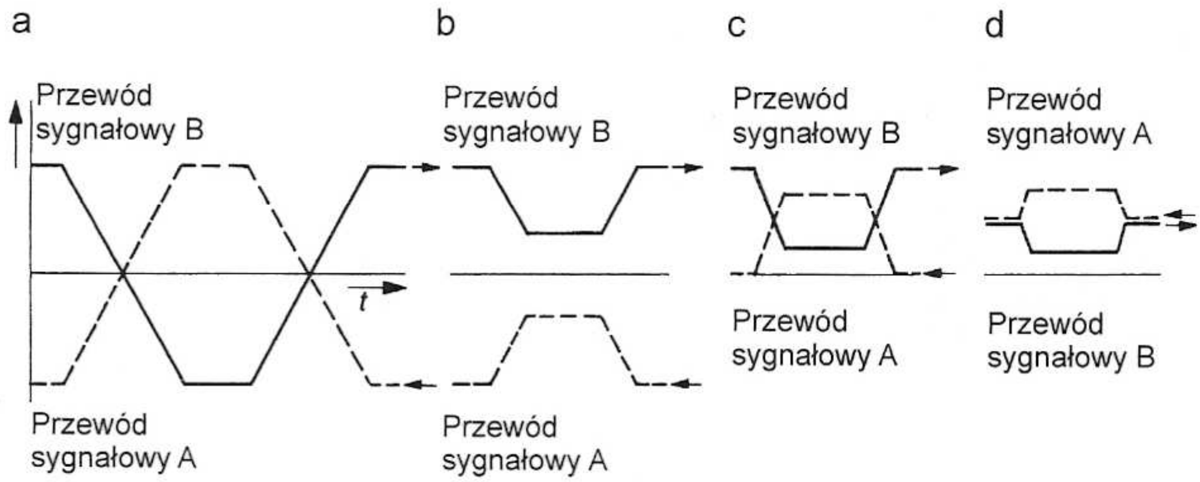
W układach elektronicznych nadwozia i komfortu jazdy stosuje się tańsze systemy wymiany danych o małych szybkościach. Duże szybkości transmisji są stosowane przy wymianie danych w elektronicznych układach sterowania napędu, gdyż konieczna jest tam wymiana danych i ich przetwarzanie w czasie rzeczywistym. Przez pojęcie przetwarzania w czasie rzeczywistym (*realtime processing*) rozumiemy jedność zdarzenia, jego rejestracji, informacji o zdarzeniu i przetworzenia tych danych w czasie całego procesu. Na przykład pomiędzy dwoma impulsami zapłonu upływa zaledwie kilka milisekund. System wymiany danych w czasie rzeczywistym musi zatem jeszcze szybciej przetworzyć informacje konieczne do obliczenia chwili zapłonu i wysłać informację potrzebną do następnego impulsu zapłonu.

Musi być także możliwość wymiany informacji pomiędzy różnymi systemami wymiany danych w samochodzie, pracującymi z różnymi szybkościami transmisji. W tym celu używane są tzw. *gateway*. Pośrednik (*gateway*) to komputer, który potrafi dane jednej sieci transponować na formę, stosowaną w innej sieci.

Stosowane w samochodzie systemy transmisji danych przekazują dane szeregowo, tzn. transmisja danych następuje w uporządkowanej kolejności, jedna po drugiej (porównaj punkt 19.3.3 – przebieg komunikacji).

Do przekazu danych w stosowanych w samochodach systemach transmisji danych wystarczy jeden przewód, ponieważ dane mogą być przekazywane dwukierunkowo. Jeden przewód służy więc do przekazu danych w obu kierunkach. Używanie drugiego przewodu ma jedynie na celu kompensację pola elektrycznego i magnetycznego, a tym samym zmniejszenie promieniowania zakłócającego pracę systemu podczas wymiany danych.

Dane składają się z sygnałów high i low (wysokie i niskie napięcie), które są przesyłane bardzo szybko jeden za drugim i przez zmianę poziomu (zmianę wartości napięcia) wywołują promieniowanie zakłócające (podobnie jak nadajnik). Ponadto na skutek przepływu prądu w przewodzie powstaje pole elektromagnetyczne. W celu zmniejszenia promieniowania zakłócającego każdemu przewodowi sygnałowemu przyporządkowuje się drugi przewód sygnałowy, zwany kompensacyjnym, w którym prąd płynie w przeciwnym kierunku, o przeciwnej zmianie poziomu sygnału. Na rysunku 19.5 pokazano kilka poziomów sygnałów w celu kompensacji elektrycznych składników pola. Sygnały *a, b* nie są w samochodzie możli-



Rys. 19.5
Kompensacja elektrycznych składników pola za pomocą różnego poziomu sygnałów

we, ponieważ nie ma tam ujemnego napięcia w instalacji elektrycznej. Przebieg sygnałów *c, d* wywołuje taki sam skutek, gdyż nie muszą się znosić sumy potencjałów napięcia, lecz tylko sumy zmian napięcia. Przewody sygnałowe są określane przeważnie jako „high" i „low".

Użycie trzeciego przewodu w systemie transmisji danych umożliwia dalsze zmniejszenie promieniowania zakłócającego, ponieważ spełnia on rolę przewodu ekranującego. Możliwe jest także skręcanie ze sobą przewodów sygnałowych.

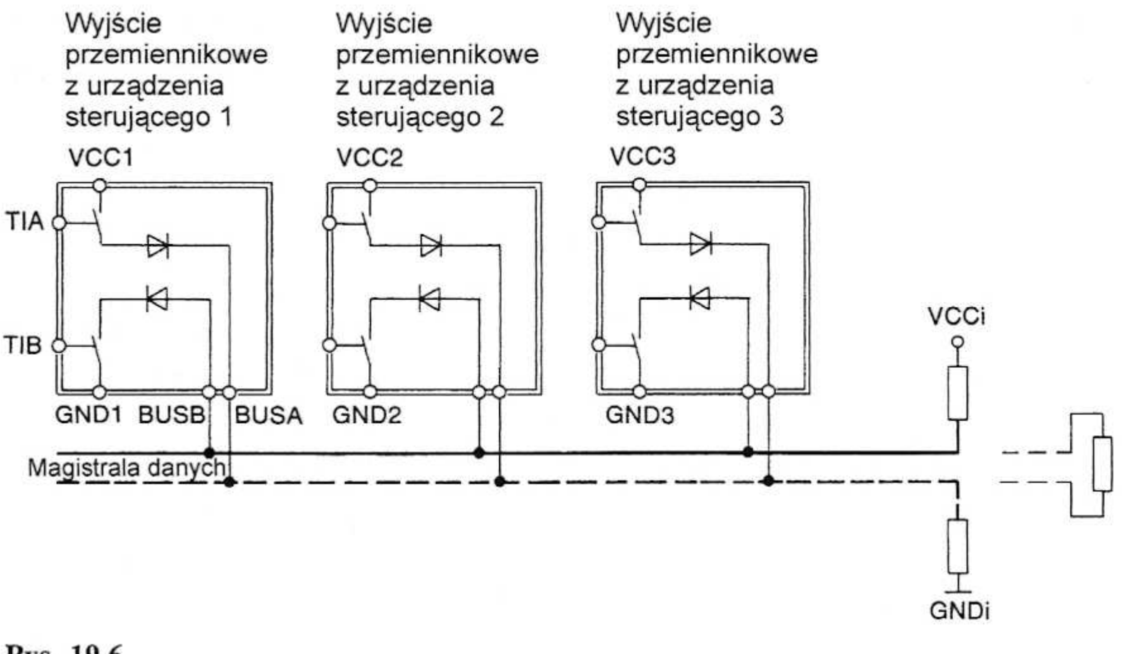
Jak już wspomnieliśmy, w różnych systemach transmisji danych są stosowane jeden, dwa albo trzy przewody. Przy dużych szybkościach transmisji i wysokich wymaganiach w zakresie bezpieczeństwa danych przewód sygnałowy jest uzupełniany o przewód kompensacyjny i przewód ekranujący. Do przekazu danych w ukła-

dach elektronicznych nadwozia i komfortu jazdy (niewielka szybkość transmisji, małe wymogi w zakresie bezpieczeństwa danych) całkowicie wystarcza jeden przewód sygnałowy.

19.3.3. Przebieg komunikacji

Opisany tutaj przebieg komunikacji odnosi się do sieci szeregowej transmisji danych. Na tym przykładzie objaśniono pełen przebieg komunikacji. W sieci o strukturze gwiazdowej przebieg transmisji jest stosunkowo prosty, gdyż zawsze porozumiewają się ze sobą bezpośrednio tylko dwa urządzenia sterujące: jednostka centralna i węzeł. Nie ma potrzeby adresowania, zezwolenia na przekaz i sprawdzania akceptacji, ponadto przebiegi są podobne.

Pierwsze pytanie w zakresie przebiegu komunikacji dotyczy powstawania sygnałów. Na rysunku 19.6 przedstawiono schemat obwodów układu z tzw. wyjściami przemiennikowymi (transmitterowymi, łacińskie *transmittere* znaczy przesłać na



Rys. 19.6
Schemat wyjść przemiennikowych i przyłącza do magistrali danych

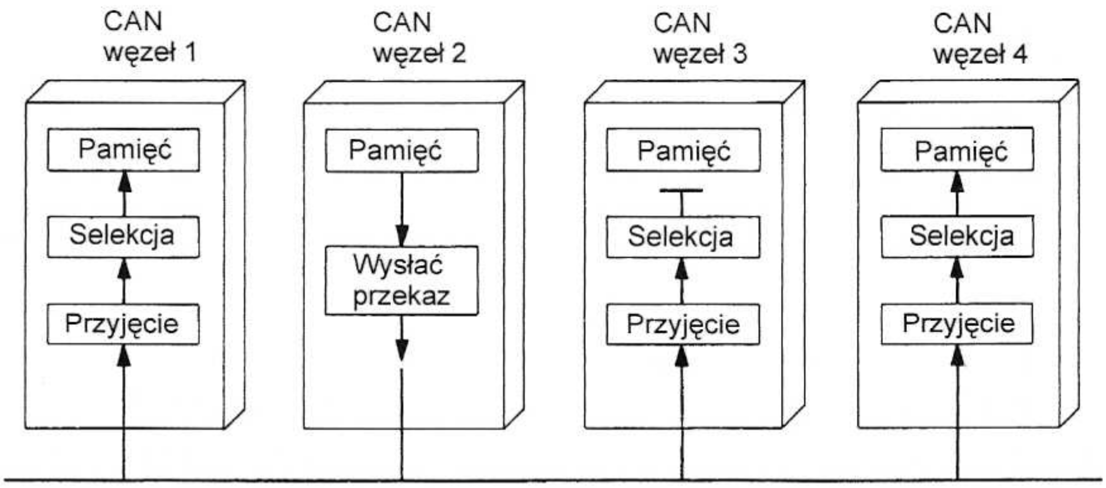
tamtą stronę, przekazać) i z magistralą danych. Wyjścia przemiennikowe urządzeń sterujących są narysowane schematycznie jako zestyki połączone szeregowo z diodą. W położeniu spoczynkowym zestyki są otwarte. Napięcie pomiędzy przewodami sygnałowymi zależy od zakończenia magistrali danych.

Układ znajduje się w stanie recesywnym (ustępującym). Układ wchodzi w stan dominujący, jeżeli dwa „zestyki" urządzenia sterującego są zwarte. W tym momencie przewód sygnałowy o wyższym napięciu (czerwony) zostaje połączony z masą, a drugi przewód sygnałowy (niebieski) otrzymuje takie samo, ale odwrotnie skierowane napięcie. Poprzez odpowiednie otwieranie i zamykanie pary zestyków następuje transmisja danych. Otwieranie i zamykanie, czyli transmisja danych, może następować z prędkością do jednego miliona na sekundę (1 milion baud). W związku

z tym mówimy o dominujących i recesywnych bitach, w zależności od stanu układu (dominujące bity nadpisują bity recesywne).

Opisane tu, na przykładzie dwóch przewodów sygnałowych, „przeciskanie" sygnałów jest takie samo w układach z jednym przewodem sygnałowym. Sygnały są wysyłane do przewodu za pomocą tylko jednego „zestyku". W zależności od formy zakończenia przewodu, w rozwiązaniach dwuprzewodowych magistrali danych, w przypadku przerwy albo zwarcia w jednym z przewodów sygnałowych, możliwa jest transmisja danych za pomocą drugiego, sprawnego przewodu, bez ograniczeń w przekazie. Podatność na zakłócenia i promieniowanie zakłócające jest jednak wtedy większa.

Na rysunku 19.6 pokazano dwa rodzaje zakończenia magistrali danych (osobne końcówki przewodów sygnałowych albo połączenie przewodów za pośrednictwem rezystora). Oba rozwiązania są stosowane w praktyce. Wybór jednego z nich zależy od zastosowanego przez producenta systemu wymiany danych i budowy magistrali danych.



Rys. 19.7
Adresowanie i sprawdzanie przyjęcia

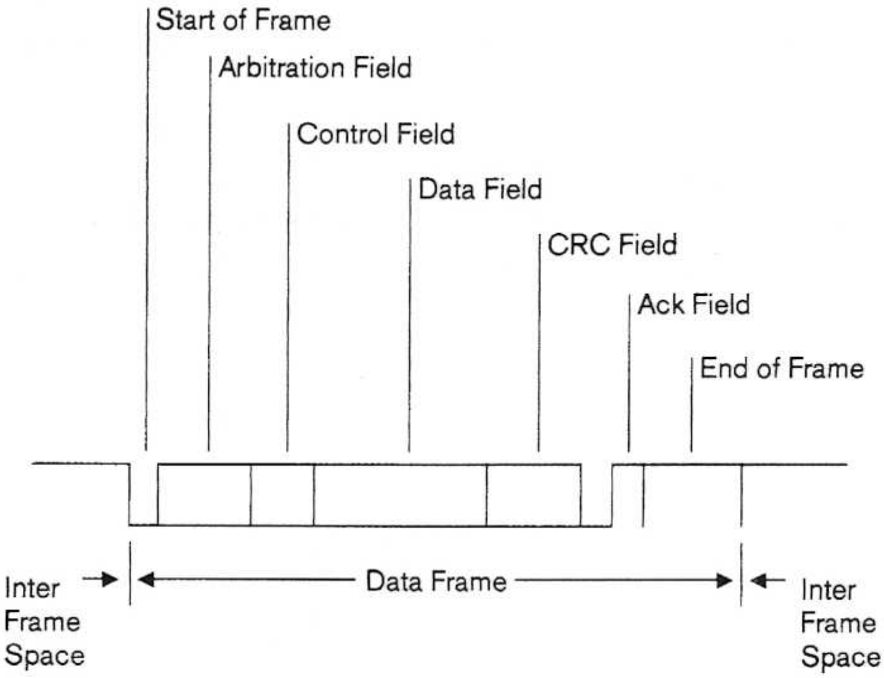
Znajdujące się w systemie dane mogą być odbierane przez każde urządzenie sterujące podłączone do systemu (rys. 19.7). Każdy odbiornik sprawdza sieć i przekazywane dane pod kątem wadliwego działania i nieprawidłowego przekazu.

Dane są przetwarzane tylko przez urządzenia sterujące, którym dane te są potrzebne. Tylko wtedy dane te są zapisywane w pamięci operacyjnej urządzenia sterującego. Aby urządzenia sterujące mogły rozpoznać i odpowiednio przyporządkować przesyłane im dane, a także w celu sterowania i nadzoru nad systemem, dane zawsze muszą mieć odpowiedni format albo określoną ramkę danych (*Data Frame*). Format przekazu na przykładzie sieci transmisji szeregowej CAN przedstawiono na rysunku 19.8. W skład ramki danych wchodzą:

- sygnał początkowy przekazu (*Start of Frame*)
- pole arbitrażu (*Arbitration Field*)
- pole sterujące (*Control Field*)

- kod kontroli błędów (*CRC Field*)
- pole potwierdzenia przekazu (*Ack Field*)
- sygnał końcowy przekazu (*End of Frame*)

Start of Frame to 1-bitowy znacznik początku przekazu, wyznaczony przez dominujący bit. Służy do synchronizacji wszystkich urządzeń sterujących (węzłów sieci CAN).



Rys. 19.8
Format przekazu

Arbitration Field to pole arbitrażu, które składa się z identyfikatora przekazu oraz dodatkowego bitu kontrolnego. Za pomocą identyfikatora następuje przyporządkowanie przekazu np. KWZ (kąt wyprzedzenia zapłonu), prędkość obrotowa, temperatura zewnętrzna itp. Identyfikator służy również do sprawdzania uprawnień przekazu. Każde stanowisko (węzeł sieci) może także wysyłać przekaz i nie ma żadnej jednostki centralnej albo kontrolnej, ponieważ sieć transmisji szeregowej działa według zasady „Multi-Master". Konieczne jest zatem ustalenie kolejności i prawa pierwszeństwa do transmisji według kryterium ważności danych. Prawo to wynika z wartości liczbowej identyfikatora; im więcej ma on dominujących bitów, tym ma wyższy priorytet. Dominujące bity nadpisują bity recesywne. Podczas transmisji identyfikatora węzeł nadający sprawdza na bieżąco, czy jest jeszcze uprawniony do przekazu, czy też inny węzeł sieci nie wysyła danych o wyższym priorytecie. Na podstawie bitu kontrolnego węzły rozpoznają rodzaj przekazu; czy jest to wysyłanie danych (*Data Frame*), czy też dany węzeł żąda przekazu danych (*Remote Frame*).

W polu *Control Field* jest umieszczona informacja o liczbie bitów pola danych. Wielkość pola podawana jest w bajtach (*byte*). Jeden bajt to 8 bitów danych i jeden bit kontrolny, czyli łącznie 9 bitów.

Data Field to pole danych, zawierające treść informacji. W sieci CAN długość pola danych wynosi od 0 do 8 bajtów.

CRC Field to kod kontroli błędów stosowany do rozpoznawania zakłóceń podczas transmisji. Zawiera on hasło bezpieczeństwa ramki o ściśle określonym formacie, sprawdzane przez wszystkie węzły w sieci.

Ack Field to pole potwierdzenia odbioru przekazu. Sygnał potwierdzający jest wysyłany do wszystkich stanowisk, które bezbłędnie przyjęły przekaz.

End of Frame jest znacznikiem końca przekazu, sygnalizującym zakończenie transmisji.

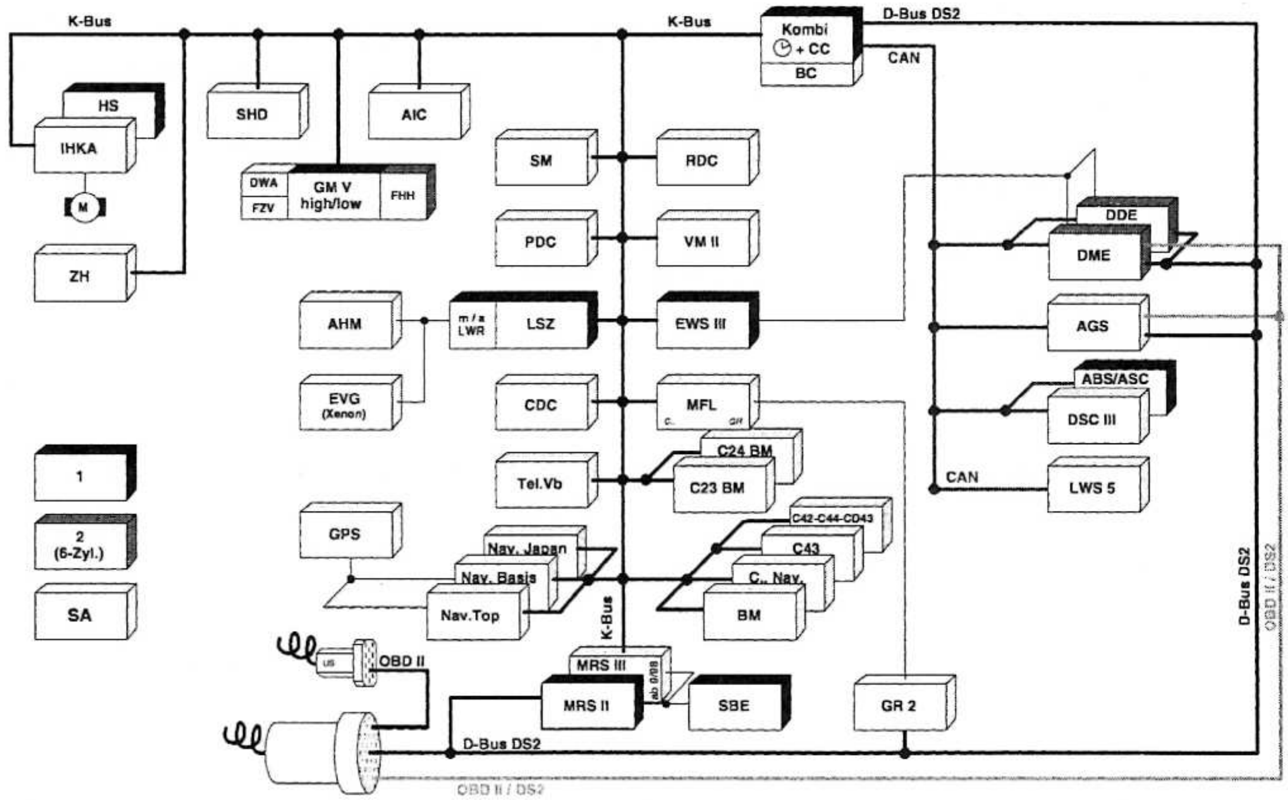
Inter Frame Space to odstęp między przekazami.

W opisanym przykładzie długość ramki danych nie może przekroczyć 130 bitów, dzięki czemu nie ma długiego oczekiwania na wysłanie następnego przekazu. Błędne przekazy danych są identyfikowane przez liczne mechanizmy kontrolne do rozpoznawania usterek. Wszystkie węzły sieci nawzajem się nadzorują i mogą przerwać błędny przekaz albo same się wyłączyć. Nadzorowane są poprawność przekazywanej informacji, prawidłowość przekazu i wszystkie węzły w sieci. Wszelkie błędy mogą być zapisywane w jednej lub kilku pamięciach, a następnie odczytane za pomocą testera diagnostycznego.

19.4. Przykład systemu z siecią transmisji szeregowej

Połączenie w sieć różnych elektronicznych układów za pomocą systemu transmisji danych jest stosowane w coraz większej liczbie samochodów. Na rysunku 19.9 pokazano przykład takiej sieci w samochodzie średniej klasy.

Pomiędzy urządzeniami sterującymi elektronicznych układów napędu (układ sterowania silnika, automatycznej skrzynki przekładniowej i układ stabilizacji toru jazdy z czujnikami kąta obrotu koła kierownicy włącznie) następuje wymiana danych za pomocą sieci transmisji szeregowej CAN. Wszystkie pozostałe systemy komunikują się ze sobą przez tzw. sieć K-CAN (K jest tu skrótem od słowa komfort, czyli elektroniczne układy komfortu jazdy). Na tablicy rozdzielczej znajduje się pośrednik (*gateway*) sieci CAN i K-CAN, a także magistrala danych diagnostycznych DS2. Za pośrednictwem magistrali DS2 wszystkie urządzenia sterujące komunikują się z testerem diagnostycznym. Poniżej podano zaledwie prosty przykład wymiany danych i wzajemnych zależności funkcji różnych układów. Za pomocą przenośnego testera diagnostycznego można np. odczytać w czasie jazdy sygnały z czujników prędkości obrotowej kół w celu ustalenia przyczyny, dlaczego układy bezpieczeństwa i stabilizacji ruchu (ABS, ASC, DSC), a także inne układy wykazują niezrozumiałe usterki podczas jazdy z dużą prędkością i zachodzi podejrzenie, że przyczyną tego może być sporadyczne wypadanie sygnałów z czujników prędkości obrotowej kół. Dlaczego tak się dzieje? Dla ustalenia przyczyny jest bardzo ważna wiedza o wzajemnych zależnościach funkcji różnych układów elektronicznych. Na podstawie sygnałów z czujników prędkości obrotowej kół układ stabilizacji toru jazdy (poza użyciem tej informacji do innych obliczeń) oblicza prędkość samochodu, której wartość



Rys. 19.9
Sieć transmisji danych w samochodzie BMW serii 3
HS – sterowanie ogrzewania, IHKA – zintegrowana automatyka ogrzewania i klimatyzacji, ZH – ogrzewanie podczas postoju, SHD – otwierany dach, AIC – automatyczny cykl pracy wycieraczek (czujnik deszczu), DWA – instalacja alarmowa, FZV – zdalna obsługa centralnego zamka, GM V – moduł podstawowy 5. generacji, FHH – zamykanie okien z tyłu, AHM – moduł przyczepy, EVG – światła ksenonowe, GPS – układ nawigacji satelitarnej, SM – pamięć ustawień siedzenia, PDC – wspomaganie parkowania, LSZ – zespół wyłączników świateł, CDC – zmieniacz płyt CD, Tel.Vb – telefon, RDC – kontrola ciśnienia w oponach, VM II – moduł wideo 2. generacji, EWS III – zabezpieczenie przed kradzieżą 3. generacji, MFL – wielofunkcyjne koło kierownicy, C.. – radioodbiorniki lub monitory pokładowe, MRS – układ utrzymania pasażerów w miejscu, SBE – czujnik zajęcia siedzenia, CC – check-control, BC – pokładowy komputer, DME – cyfrowe elektroniczne układy silnika, DDE – układy elektroniczne silnika wysokoprężnego, AGS – automatyczne sterowanie skrzynki przekładniowej, ABS – układ przeciwblokujący, ASC – automatyczna kontrola stabilności, DCS III – dynamiczna kontrola stabilności 3. generacji, LWS 5 – czujnik położenia koła kierownicy 5. generacji, GR 2 – regulacja prędkości jazdy 2. generacji, OBD II – pokładowy system diagnostyczny 2. generacji, DS2 – układ diagnostyczny, CAN – Control Area Network, K-Bus – magistrala K-CAN (Komfort-CAN), D-Bus – magistrala danych CAN

jest wprowadzana jako dana do sieci CAN. Informacja ta jest wykorzystywana w układach regulacji napędu (sterowania silnika i skrzynki przekładniowej) oraz do wskazań prędkościomierza (tachometru) i licznika kilometrów zestawu wskaźników. Prędkość jazdy wykorzystuje również komputer pokładowy jako podstawę do wielu obliczeń. Także różne funkcje kontrolne i wskaźniki (np. przypominające o okresowych przeglądach) częściowo opierają się na informacjach o prędkości jazdy.

Wielofunkcyjny wskaźnik na tablicy rozdzielczej, pełniący rolę pośrednika (*gateway*), wysyła informację o prędkości pojazdu do sieci K-CAN. Wartość prędkości jazdy jest podstawą uruchamiania różnych funkcji w układach komfortu jazdy, np.

czasu przerw w pracy wycieraczek, głośności radioodbiornika, sterowania sprężarką i dmuchawą układu ogrzewania i klimatyzacji, obliczania czasu i drogi przejazdu w systemach nawigacji, wyłączania monitora pokładowej TV podczas jazdy itp. Aktualna prędkość jazdy jest tylko jedną z wielu informacji, które są przekazywane w sieci. Pełny opis wymiany danych i informacji, a także wzajemnych związków i zależności funkcji układów przedstawionych na rysunku znacznie wykraczałby poza ramy tej książki. W podrozdziale tym chciano jedynie podkreślić, jak daleko jest już posunięte powiązanie w jedną sieć systemów wymiany danych i jak bardzo rozległy jest to temat.